

Valores energéticos do gérmen integral de milho para aves de postura¹

Energy values of corn germ meal for laying hens

Michele Bernardino de Lima^{2*}, Carlos Bôa-Viagem Rabello² e Edney Pereira da Silva³

RESUMO - Objetivou-se avaliar o efeito do nível de substituição do gérmen integral de milho (GIM) sobre os valores energéticos obtidos pelos métodos de Matterson e da regressão. Foram utilizadas 120 aves com 45 semanas de idade, da linhagem Embrapa 051. O ensaio foi delineado inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições de 4 aves. Os tratamentos foram compostos pela ração referência (RR) e quatro níveis de substituição da RR (10, 20, 30 e 40% pelo GIM). Foi utilizado o método de coleta total de excretas. As variáveis analisadas foram: energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), tempo (TP) e taxa de passagem (TxP) do GIM. A relação entre as variáveis e os níveis de GIM foi estudada por análise de regressão. O tempo e a taxa de passagem foram afetados linearmente pelo nível de substituição do GIM. Os valores de EMA e EMAn foram reduzidos com o aumento do nível de substituição até 31,4 e 32,2% de GIM, respectivamente. O método da regressão proporcionou melhores estimativas para EMA e EMAn do GIM. Os valores de EMA e EMAn do GIM para aves de postura foram 5,161 e 5,066 kcal g⁻¹, respectivamente.

Palavras-chave: Co-produtos do milho. Taxa de passagem. Energia metabolizável.

ABSTRACT - The aim of this study was to evaluate the effect of the substitution level of corn germ meal (CGM) on energy values obtained with Matterson's method and regression analysis. One hundred twenty laying hens from Embrapa 051 strain with 45 weeks of age, were used. The trial design was completely randomised, with five treatments and six replications of four birds. The treatments consisted of the reference feed (RF) and four other diets with dietary substitution levels of RF by CGM (10, 20, 30 and 40%). The method of total excreta collection was used. The variables analysed were: apparent metabolizable energy (AME), AME corrected for nitrogen balance (AMEn), time (T) and passage rate (PR) of the CGM. The relationship between the variables and levels of CGM was studied with regression analysis. The time and passage rate were linearly affected by the level of substitution of the CGM; with increases in the level of substitution. The values for AME and AMEn were reduced by 31.4% and 32.2% CGM respectively. The regression method provides better estimates for AME and AMEn of the CGM. In laying hens the CGM values for AME and AMEn were 5.161 and 5.066 kcal g⁻¹, respectively.

Key words: Corn byproducts. Passage rate. Metabolizable energy.

*Autor para correspondência

DOI: 10.5935/1806-6690.20160092

¹Recebido para publicação em 08/03/2014; aprovado em 23/02/2016

Projeto financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq

²Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, 52.171-900, michele_bernardino@yahoo.com.br, carlos.rabello@ufrpe.br

³Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal-SP, Brasil, 14.884-900, edney@fcav.unesp.br

INTRODUÇÃO

Dentre as alternativas apontadas como possível substituto parcial ao milho em grão têm-se o gérmen integral de milho (GIM), que é obtido por meio da degerminação do grão de milho por via úmida (LIMA *et al.*, 2012); corresponde aproximadamente 13% do grão de milho (SILVA *et al.*, 2013) e possui em sua composição: 10,4% de proteína bruta; 5,3% de fibra bruta; 5,0% de matéria mineral; 56,5% de extrato etéreo e 7,039 kcal g⁻¹ de energia bruta, com 89% digestibilidade ileal para aves, podendo ser uma alternativa para a composição das rações de aves (LIMA *et al.*, 2012).

Apesar disto, poucos estudos foram realizados com objetivo de quantificar o valor energético do GIM obtido por via úmida. A maioria dos estudos foram realizados utilizando o GIM obtido por via seca (BRITO *et al.*, 2005a,b; RODRIGUES *et al.*, 2001; BRUNELLI *et al.*, 2012) que apresenta menor quantidade de lipídeos e, conseqüentemente, menor teor de energia bruta e metabolizável. Resultados experimentais apontam que o teor de lipídeo pode afetar a motilidade do trato gastrointestinal e promover maior tempo de permanência do alimento, proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes e energia do alimento e da dieta (ANDREOTTI *et al.*, 2004; RABELLO *et al.*, 2007).

Determinar os valores de energia metabolizável com aves de diferentes idades ou categorias (corte ou postura) é importante (SILVA *et al.*, 2014), pois é utilizado o valor real nas formulações de rações, evitando a superestimação de valores determinados com aves adultas e utilizados para aves jovens ou, subestimação de valores para aves jovens e utilizadas para adultos (LAMMERS *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009). Tradicionalmente, os valores de energia metabolizável utilizados para aves de postura são determinados com frangos de corte ou galos adultos (ROSTAGNO *et al.*, 2005). Se por um lado, frangos de corte não apresentaram completo desenvolvimento do trato gastrointestinal em comparação com poedeiras em produção, por outro, galos adultos apresentam balanço de nitrogênio diferente das poedeiras em produção.

Na literatura existem alguns estudos utilizando frangos de corte (LIMA *et al.*, 2012; NERY *et al.*, 2007), porém, alguns autores demonstraram que os valores determinados com poedeiras foram mais coerentes (LAMMERS *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009; MURUGESAN; PERSIA, 2013), no entanto, não existem estudos sobre taxa de passagem e valores energéticos para o GIM utilizando aves de postura como também há escassez de estudos na literatura com métodos alternativos ao proposto por Matterson *et al.* (1965) para determinar os valores energéticos com aves. Um método que vem sendo

aplicado com outras espécies para estudar a digestibilidade e valores energéticos é o método da regressão (FAN; SAUER, 1995; KAWAUCHI *et al.*, 2011).

Diante do exposto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito do nível de substituição da ração referência pelo GIM sobre os valores energéticos calculados pelo método de Matterson.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Pequenos Animais de Carpina, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco. Foram utilizadas 120 aves poedeiras da linhagem Embrapa 051, com 45 semanas de idade, alojadas em gaiolas metabólicas (0,80 x 0,50 x 0,50 m), com água à vontade fornecida em bebedouros tipo *nipple*, e iluminação 24 h (natural+artificial) durante o período experimental.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e seis repetições de 4 aves por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de uma ração referência à base de milho e farelo de soja e quatro níveis de GIM em substituição isométrica de 10, 20, 30 e 40% da ração referência (Tabela 1). Foram utilizadas as recomendações do Rostagno *et al.* (2005) para a formulação da ração referência.

O GIM utilizado apresentou em sua composição química: 96,65% de matéria seca, 11,09% de proteína bruta, 55,93% de extrato etéreo, 1,07% de matéria mineral, 5,2% de fibra bruta e 7.410 kcal kg⁻¹ de energia bruta, determinados conforme as metodologias descritas por Silva e Queiroz (2006).

O período experimental foi de nove dias, sendo cinco dias de adaptação das aves às instalações e rações experimentais, e os quatro dias subsequentes foram destinados à coleta total de excretas. Sob o piso das gaiolas metabólicas foram adaptadas bandejas revestidas de lona para coleta total das excretas. O óxido férrico foi acrescido às rações na proporção de 1 g kg⁻¹ como marcador fecal no início e no final do experimento. As excretas foram coletadas diariamente sendo pesadas e em seguida acondicionadas, identificadas e armazenadas em freezer a -20 °C até o final do ensaio.

As amostras das excretas foram previamente secas em estufas de ventilação forçada de 55 °C por 72 h, moídas em moinhos de facas com peneira de crivo de 1 mm de espessura. Em seguida, as excretas e rações foram analisadas quanto aos teores de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta (realizadas na Universidade

Federal de Viçosa), conforme Silva e Queiroz (2006), por meio da bomba calorimétrica IKA C2000. As variáveis coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca (CMMS), energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram obtidas aplicando-se as fórmulas propostas por Matterson *et al.* (1965). O coeficiente de metabolização (CMEB) foi obtido considerando-se a EMAn e EB do GIM (CMEB = EMAn/EB×100).

Ao final do ensaio de metabolismo iniciou-se o procedimento para quantificar o tempo de passagem e taxa de passagem. O período experimental consistiu de mais 24 h de alimentação em sistema *ad libitum*. A ração

fornecida no início do ensaio foi adicionada de corante vermelho (1 g kg⁻¹) como marcador na ração e ao final das 24 h de consumo *ad libitum*, retirou-se as sobras e foi contabilizado o consumo de ração no período. Neste momento, foram fornecidas as mesmas rações marcadas (1 g kg⁻¹) com corante de cor diferente.

O horário de fornecimento da dieta fornecida marcada em vermelho de cada unidade experimental foi anotado para que fosse verificado o tempo de aparecimento das excretas marcadas, sendo este tempo medido em minutos e denominado como tempo de passagem (TP). A taxa de passagem (TxP) foi medida em g de matéria seca por hora. Para quantificar a

Tabela 1 - Composição percentual e níveis nutricionais da ração referência

Ingredientes	Composição da ração (%)
Milho	65,660
Farelo de soja	22,020
Óleo de soja	0,890
Fosfato bicálcio	1,770
Calcário Calcítico	8,303
Sal comum	0,333
DL-Metionina	0,070
L-Lisina HCl	0,065
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,590
Adsorvente ²	0,300
Total	100,00
Níveis nutricionais calculados	
Energia metabolizável aparente corrigida, kcal kg ⁻¹	2.800
Proteína bruta, %	15,500
Metionina+cistina, %	0,630
Lisina, %	0,750
Treonina %	0,523
Triptofano, %	0,163
Cálcio, %	3,700
Fósforo disponível, %	0,420
Potássio, %	0,590
Sódio, %	0,150
Gordura	3,620
Fibra bruta, %	2,330
Ácido Linoleico, %	1,830

¹Níveis de garantia por kg de produto: Vit.A 8000000UI, Vit.D3 2000000UI, Vit.E 15000 mg, Vit.K3 1960 mg, Vit.B2 4000 mg, Vit.B6 1000 mg, Niacina 19800 mg, Ácido Pantotênico 5350 mg, Ácido Fólico 200 mg, Biotina – mg, Manganês 32500 mg, Bacitracina de zinco 60 mg, Zinco 50000 mg, Ferro 20000 mg, Cobre 4000 mg, Iodo 1500 mg, Selênio 250 mg, Cobalto 00 mg, Anti-oxidante 100000 mg, Veículo Q.S.P. 1000 g. Maduramicina 5 ppm. ²Alumínio silicato

TxP, o período de coleta de excretas se estendeu até finalizar-se o aparecimento das excretas em vermelho e aparecimento das excretas marcadas em cor diferente das vermelhas, anotando-se o horário da coleta de acordo com cada unidade experimental. Foi determinada matéria seca das excretas.

As variáveis TP e TxP do GIM foram calculadas aplicando-se as fórmulas propostas por Matterson *et al.* (1965). A relação entre nível de substituição do GIM na RR e as variáveis CMMS, EMA, EMAn, CMEB, TP e TxP foi ajustada utilizando-se os modelos linear, linear response platô e polinomial quadrático.

A equação da reta utilizada foi $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X$, em que β_0 e β_1 são o intercepto e o coeficiente linear, respectivamente. O modelo linear platô considerado foi $Y = \beta_1 + \beta_2 \times (\beta_3 - X)$, sendo $(\beta_3 - X) = 0$ quando $X > \beta_3$. Os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 são: máxima resposta ou platô, corresponde ao eixo Y (β_1); coeficiente linear (β_2) e ponto de quebra da função, corresponde ao eixo X (β_3). O modelo polinomial quadrático considerado foi $Y = \beta_0 + \beta_1 \times X + \beta_2 \times X^2$, sendo β_0 o intercepto da função; β_1 coeficiente linear e β_2 coeficiente quadrático da função. Sendo Y a variável dependente (EMA, EMAn, CMEB, TP e TxP) e X a variável independente (nível de GIM). Foram testadas a homocedasticidade de variância (Brown & Forsythe's) e normalidade dos erros (Cramer-von Mises). As análises estatísticas

foram realizada no programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, 2010) versão 9.2.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pressuposições de normalidade dos erros e homogeneidade da variância foram testadas e satisfeitas.

Efeito dos níveis de substituição do GIM sobre o tempo de trânsito e a taxa de passagem

Os resultados obtidos para as rações demonstraram que o TP da ração referência foi de 233 min. Com o nível de 40% de substituição do GIM foi observado que o TP da ração aumentou 15% (268/233) em relação ao TP da ração referência (Tabela 2).

O aumento no tempo de passagem da ração para os níveis intermediários foi estimado pela equação (Eq.) $Y_{min} = 233,59 + 1,13(X-10)$, $R^2 = 0,99$ e quando $X \leq 10$, considera-se a sentença $(X-10) = 0$. A diferença no TP entre a ração referência (Tabela 2) e o GIM foi de 43 minutos (Tabela 3), mostrando aumento de aproximadamente 18% no tempo de retenção do alimento no trato gastrointestinal.

O TP para o GIM aumentou de forma linear. A Eq. estimada $Y_{min} = 226,5 + 2,56X$, $R^2 = 0,92$ indicou que o TP aumentaria em níveis maiores que 40% de substituição do

Tabela 2 - Tempo (TP) e taxa de passagem (TxP), coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) em rações de poedeiras de acordo com nível de substituição do gérmen integral de milho (NS_{GIM}), expressos com base na matéria seca

NS_{GIM}	TP, min	TxP, g h ⁻¹ ave	CMMS, %	EMA, kcal g ⁻¹	EMAn, kcal g ⁻¹	CMEB, %
0	233	0,96	76,57	3,151	3,035	77,50
10	234	1,18	74,45	3,455	3,336	76,30
20	244	1,21	72,80	3,670	3,563	75,10
30	256	1,24	71,64	3,794	3,688	72,60
40	268	1,09	69,78	3,977	3,870	71,40
Média	247	1,14	73,00	3,609	3,498	74,60
Significância	*	**	***	***	***	***
ER	Eq. 1	Eq. 2	Eq. 3	Eq. 4	Eq. 5	Eq. 6
R ²	99,84	96,74	0,88	0,95	0,95	0,84
CV, %	7,97	10,53	1,30	1,45	1,47	1,38

*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; ER, equação de regressão; R², coeficiente de determinação; CV, coeficiente de variação; Eq. 1: TP min: $Y = 233,5 + 1,13(X-10)$, $R^2 = 0,99$; Eq. 2: TxP g h⁻¹.ave: $Y = 0,965 + 0,0245X - 0,0005X^2$, $R^2 = 0,96$; Eq. 3: CMMS %: $Y = 6,328 - 0,164X$; Eq. 4: EMA kcal kg: $Y = 3,2113 + 0,0199X$; Eq. 5: EMAn kcal kg: $Y = 3,094 + 0,02X$; Eq. 6: CMEB %: $Y = 77,739 - 0,1579X$

Tabela 3 - Tempo (TP) e taxa de passagem (TxP), coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn) e coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) de acordo com o nível de substituição do gérmen integral de milho (NS_{GIM}) expressos com base na matéria seca

NS _{GIM}	TP, min	TxP, g h ⁻¹ ave	CMMS, %	EMA, kcal g ⁻¹	EMAn, kcal g ⁻¹	CMEB, %
10	243	3,12	56,61	6,008	5,866	79,16
20	288	2,22	58,68	5,617	5,541	74,78
30	310	1,89	60,71	5,217	5,134	69,28
40	321	1,28	60,04	5,161	5,066	68,37
Média	290	2,13	59,01	5,501	5,402	72,90
Significância	*	**	NS	***	***	***
ER	Eq. 7	Eq. 8	-	Eq. 9	Eq. 10	Eq. 11
R ²	93,82	96,76	NS	0,99	0,99	0,99
CV, %	12,67	26,13	5,48	3,82	3,76	3,76

*p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001; NS, Não significativo; ER, equação de regressão; R², coeficiente de determinação; CV, coeficiente de variação; Eq. 7: TP min: $Y = 181,6 + 7,85X - 0,091X^2$, R² = 0,99; Eq. 8 TxP g h⁻¹ ave: $Y = 3,59 - 5,8467X$, R² = 0,97; Eq. 9 EMA kcal kg: $Y = 5,161 + 0,0395(31,5 - X)$; Eq. 10 EMAn kcal kg: $Y = 5,066 + 0,0366(32,2 - X)$; Eq. 11 CMEB %: $Y = 68,3727 + 0,4940(32,22 - X)$

GIM. A taxa de passagem da ração (Tabela 2) e do GIM apresentaram comportamento diferentes (Tabela 3).

As rações com 10, 20, 30 e 40% de GIM aumentaram a TxP em 1,23; 1,26; 1,29 e 1,13 vezes mais em relação a ração referência, 0% de GIM, respectivamente. De acordo com a Eq. ajustada ($Y_{g \text{ de matéria seca } h^{-1} \text{ ave}} = 0,96 + 0,0245X - 0,0005X^2$, R² = 0,96), o ponto de máxima da função ajustada indicou que 25% foi o nível que proporcionou maior TxP. Para o GIM o resultado observado foi inversamente ao que ocorreu para TxP das rações. A TxP do GIM foi linear decrescente com o aumento do nível de substituição do GIM, conforme a Eq. ajustada ($Y_{g \text{ de matéria seca } h^{-1} \text{ ave}} = 3,59 - 0,0585X$, R² = 0,9674). Este resultado coincidiu com o maior tempo de retenção do alimento observado para variável TP.

O tempo e a taxa de passagem das rações (Tabela 2) e do GIM (Tabela 3) foram afetados com o aumento do nível de substituição do ingrediente teste, devido ao aumento de lipídeos proveniente do gérmen. Diferente desta pesquisa, frangos de corte reduziram em aproximadamente 1 hora a retenção do alimento quando foram alimentados com dietas contendo 9,9% de óleo de soja (ANDREOTTI *et al.*, 2004). Apesar do aumento no teor de lipídeo da dieta utilizada por Andreotti *et al.* (2004), a inclusão de 14,15% de casca de arroz como fonte de preenchimento pode ter contribuído para acelerar e diminuir o tempo de passagem pelo trato gastrointestinal, uma vez que em outros estudos a relação entre adição de lipídeo na dieta e aumento no tempo de retenção foi confirmada (MATEOS; SELL; EASTWOOD, 1982).

A atuação dos lipídeos no trato gastrointestinal potencializa a secreção de hormônios pós-prandial como a colecistoquinina e motilina, que atuam aumentando atividade e frequência mioelétrica (RODRÍGUEZ-SINOVAS *et al.*, 1997). Com a inclusão de 40% de GIM nas rações, foi verificado um aumento de 18% no tempo de retenção do alimento, sendo este valor inferior ao encontrado por Mateos, Sell e Eastwood (1982), quando incluíram 30% de óleo de milho na dieta, o que resultou em um aumento de 30%.

A diferença entre os estudos pode ser relacionada com a forma de inclusão do lipídeo na dieta. No presente trabalho, o lipídeo após a degradação é liberado, enquanto que na forma de óleo adicionado diretamente na dieta estão prontamente disponíveis para exercer as modificações na dinâmica de passagem do alimento no trato digestório.

Efeito dos níveis de substituição do GIM sobre a metabolização da matéria seca e da energia

Para o CMMS do GIM não houve efeito significativo com o aumento do nível de substituição do ingrediente pela RR, logo, não foi possível ajustar uma equação aos CMMS do GIM.

Os níveis de substituição afetaram significativamente os valores de EMA e EMAn do GIM (Tabela 3). Considerando como referencial os valores de EMA e EMAn determinados com nível de 10%, a redução média verificada para essas variáveis nos níveis de 20, 30 e 40% foram de 6, 13

e 14%, respectivamente. Os valores de EMA e EMAn reduziram linearmente até o nível 31,4 e 32,2% de GIM na ração, respectivamente.

A estabilização da estimativa ou platô dos valores de EMA e EMAn foram estimados em 5,161 e 5,067 kcal g⁻¹ de matéria seca, respectivamente. O CMEB do GIM reduziu significativamente com o aumento do nível de substituição da RR pelo GIM pela ração referência. Comportamento semelhante ao verificado para as variáveis EMA e EMAn.

O aumento do nível de substituição do GIM diminuiu o coeficiente de metabolização da matéria seca e da energia das rações e do ingrediente (Tabela 2 e 3). Apesar do maior tempo de retenção observado, os valores de energia metabolizável e coeficiente de metabolização do ingrediente foram reduzidos linearmente até 31,8% ($[31,4+32,2]/2$), após esse valor, a redução não foi proporcional ao nível de substituição.

Não é possível estabelecer uma relação coerente entre maior tempo de retenção do ingrediente e redução do seu aproveitamento energético, sem admitir uma possível interação do lipídeo com outros nutrientes no processo digestivo-absortivo. A descontinuidade da redução do valor energético indica uma aparente saturação e estabilidade no processo de digestão e absorção. Uma possível interação entre aumento do lipídeo na dieta e alto teor de matéria mineral da ração referência pode contribuir para redução do aproveitamento da energia do ingrediente.

Pesquisa recente relatou que a combinação entre altos teores de gordura e matéria mineral pode acarretar a formação de sabões insolúveis entre ácidos graxos e cálcio na digesta, diminuindo a absorção dos nutrientes (SILVA *et al.*, 2012). Estes resultados foram obtidos com frangos de corte alimentados com menor teor de matéria mineral e podem ser extrapolados para poedeiras, na qual se utiliza rações com alto teor de matéria mineral. Apesar da estabilidade do valor energético nos níveis de 30 a 40%, recomendar valores obtidos com níveis menores, visando evitar efeitos indesejáveis descritos na literatura (SILVA *et al.*, 2012) é mais adequado. Este resultado ressalta a importância da avaliação deste ingrediente com aves de postura.

Comparação entre o método de Matterson e da regressão

As equações ajustadas para EMA ($Y = 3,2113+0,0199X$, $R^2 = 0,95$) e EMAn ($Y = 3,094+0,02X$, $R^2 = 0,95$) das rações quando extrapoladas para 100% de GIM estimou valores de 5,201 e 5,094 kcal g⁻¹ com base na matéria seca, respectivamente (Figura 1). A diferença em relação aos valores determinados com as equações de

Matterson *et al.* (1965) de 5,161 e 5,067 kcal g⁻¹ de matéria seca, para EMA e EMAn foram menores que 1%.

Os mesmos procedimentos foram aplicados para os coeficientes de metabolização da matéria seca e da energia (CMMS e CMEB) e mostraram resultados

Figura 1 - Energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) em função do nível de substituição do gérmen integral de milho para poedeiras. ● Valores observados de EMA; ○ Valores observados de EMAn; — Equação ajustada aos dados de EMA (Y_{EMA} kcal g⁻¹ = $3,2113+0,0199X$, $R^2 = 0,95$) e EMAn (Y_{EMAn} kcal g⁻¹ = $Y = 3,094+0,02X$, $R^2 = 0,95$); ... Segmento de reta extrapolado para ambas as variáveis; ● Valor do EMA extrapolado para X=100, Y = 5,201 kcal g⁻¹ de matéria seca. ○ Valor do EMAn extrapolado para X=100, Y = 5,094 kcal g⁻¹ de matéria seca

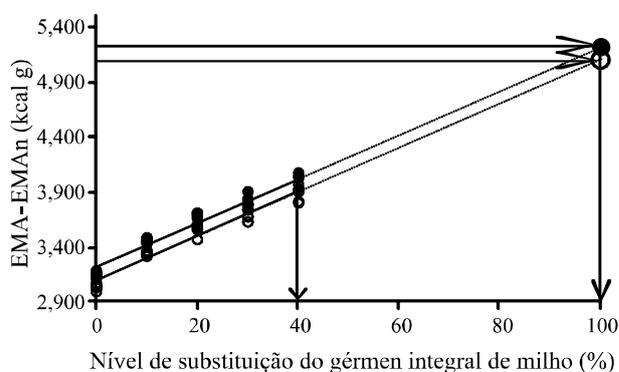
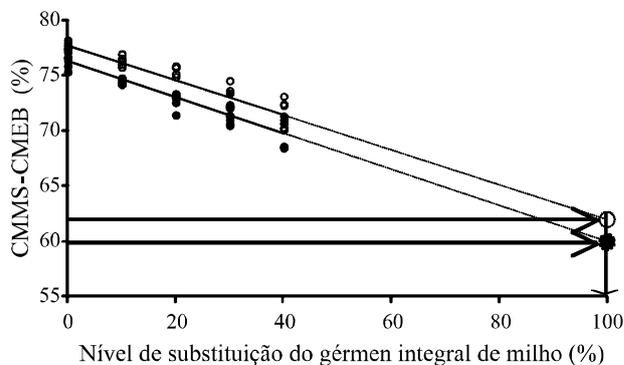


Figura 2 - Coeficiente de metabolização da matéria seca (CMMS) e energia bruta (CMEB) em função do nível de substituição do gérmen integral de milho para poedeiras. ● Valores observados de CMMS; ○ Valores observados de CMEB; — Equação ajustada aos dados de CMMS (Y_{CMMS} % = $6,328-0,164X$, $R^2 = 0,88$) e CMEB (Y_{CMEB} % = $77,739-0,1579X$, $R^2 = 0,84$) ... Segmento de reta extrapolado para ambas as variáveis; ● Valor do CMMS extrapolado para X=100, Y = 59,9%; ○ Valor do CMEB extrapolado para X=100, Y = 62%



similares entre os métodos (Figura 2). Com base no método de Matterson *et al.* (1965), não houve diferença entre os níveis de substituição do gérmen, considerando desta forma a média geral de 59,01% para o CMMS. Com a extrapolação da equação ajustada para o CMMS ($Y = 6,328 - 0,164X$, $R^2 0,88$) das rações obtém-se 59,93% (Figura 2).

Para o CMEB ($Y = 77,739 - 0,1579X$, $R^2 = 0,84$) verificou-se maior diferença entre os procedimentos. O ajuste do modelo linear platô indicou que a estabilização do CMEB ocorreu próximo de 67%, enquanto que o método da regressão preconiza que para 100% de substituição o valor seja de 62% (Figura 2), resultando uma diferença de 8% entre os procedimentos.

Uma combinação do método de Matterson *et al.* (1965) com o método da regressão é um procedimento confirmatório, pois a extrapolação para 100% de substituição da ração referência pelo GIM anula, matematicamente, qualquer dúvida a respeito do valor nutricional do ingrediente em níveis maiores. Na Figura 1 tem-se a demonstração da extrapolação dos valores energéticos (EMA e EMAn) pelo método da regressão e é possível observar que o segmento de reta extrapolado (Figura 1, segmento pontilhado) proporciona tendência confiável.

As estimativas dos valores energéticos pelo método da regressão diferiram em 1% do valor estimado pelo método do Matterson *et al.* (1965). As maiores diferenças entre os procedimentos foram constatadas para o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, que foi de aproximadamente 8% (Figura 2). Na Figura 2 observa-se também que coeficientes de metabolização da matéria seca entre os métodos foram semelhantes. Albuquerque *et al.* (2014), utilizando GIM para poedeiras, isolados pelo método de Matterson *et al.* (1965), determinou valores de 4,715 e 4,723 kcal g⁻¹ para EMA e EMAn com nível de 20% de substituição e para o nível de 30%, os valores foram 4,441 e 4,372 kcal g⁻¹, respectivamente.

Portanto, apesar de serem aves de mesma categoria, estes valores diferiram dos obtidos na presente pesquisa. Aplicando-se o método da regressão nos resultados de Albuquerque *et al.* (2014), apenas para os valores de EMAn das rações (0%, $Y = 3,155 \text{ kcal g}^{-1}$; 20%, $Y = 3,437 \text{ kcal g}^{-1}$; 30%, $Y = 3,536 \text{ kcal g}^{-1}$), a equação extraída com base nessas médias ($Y = 3,186 + 0,019X$), quando extrapolada para $X = 100\%$ o valor obtido é 5,086 kcal g⁻¹. Este valor é semelhante ao obtido na presente pesquisa (5,094 kcal/g), portanto, o método da regressão pode ser mais uma ferramenta para auxiliar nas interpretações dos resultados obtidos nas pesquisas, desde que os ensaios tenham o delineamento necessário para aplicá-lo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ratificam a importância da avaliação de alimentos para aves de postura. A combinação dos métodos de Matterson e método da regressão demonstrou-se um procedimento confirmatório na avaliação do ingrediente. Os valores energéticos recomendados para o gérmen integral de milho é de 6,008 e 5,866 kcal g⁻¹ de EMA e EMAn, respectivamente, com base no nível de 40% que proporcionou melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto e concessão da bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica PIBIC, a Ingredion pela doação do gérmen integral de milho e a Universidade Federal de Viçosa pela realização das análises de energia bruta.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. S. *et al.* Chemical composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, n. 1, p. 107-112, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v16n1/v16n1a15.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2014.
- ANDREOTTI, M. O. *et al.* Tempo de trânsito intestinal, desempenho, característica de carcaça e composição corporal de frangos de corte alimentados com rações isoenergéticas formuladas com diferentes níveis de óleo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 4, p. 870-879, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982004000400007>. Acesso em: 13 abr. 2012.
- BRITO, A. B. *et al.* Avaliação nutricional do gérmen integral de milho para aves. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 06, n. 1, p. 19-26, 2005a. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/348/323>. Acesso em: 15 mar. 2012.
- BRITO, A. B. *et al.* Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais de 30 a 64 semanas de idade consumindo gérmen integral de milho. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 29-34, 2005b. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/viewFile/1256/674>. Acesso em: 19 jul. 2014.
- BRUNELLI, S. R. *et al.* Efeito de diferentes níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 5, p. 1991-2000, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1991>. Acesso em: 16 jan. 2013.

- FAN, M. Z.; SAUER, W. C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression methods. **Livestock Production Science**, v. 44, n. 1, p. 61-72, 1995. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/030162269500057R?showall=true>>. Acesso em: 25 jun. 2013.
- KAWAUCHI, I. M. *et al.* Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. **Animal Feed Science and Technology**, v. 169, n. 1/2, p. 96-103, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.05.005>>. Acesso em: 01 abr. 2013.
- LAMMERS, P. J. *et al.* Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hen. **Poultry Science**, v. 87, n. 1, p. 104-107, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2007-00255>> Acesso em: 24 mar. 2013.
- LIMA M. B. *et al.* Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 2, p. 137-141, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i2.11812>>. Acesso em: 03 jun. 2012.
- MATEOS, G. G.; SELL, J. L.; EASTWOOD, J. A. Rate of food passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. **Poultry Science**, v. 61, n. 1, p. 94-100, 1982. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0610094>>. Acesso em: 13 jul. 2012.
- MATTERSON, L. D. *et al.* The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experimental Station Research Report**, v. 7, p. 3-11, 1965.
- MURUGESAN, G. R.; PERSIA, M. E. New model for examining the energy metabolism of laying hens. **Animal Industry Report**, v. 659, p. 1-3, 2013. Disponível em: <http://lib.dr.iastate.edu/ans_air/vol659/iss1/56>. Acesso em: 14 mar. 2013.
- NERY *et al.* Valores de energia metabolizável de alimentos determinados com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1354-1358, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n5/18.pdf>>. Acesso em: 9 abr. 2013.
- RABELLO, C. B. V. *et al.* Níveis de óleo de soja na dieta de poedeiras comerciais criadas em região de alta temperatura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 2, n. 2, p.174-182, 2007. Disponível em: <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=vie>&path%5B%5D=95&path%5B%5D=87> Acesso em: 28 mar. 2013.
- RODRIGUES, P. B. *et al.* Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000700015>>. Acesso em: 28 mar. 2013.
- RODRÍGUEZ-SINOVAS, A. *et al.* Rhythmic oscillating complexes in gastrointestinal tract of chickens: a role for motilin. **American Journal Physiology, 272. Gastrointestinal and Liver Physiology**, v. 35, n. 4, G916-G922, 1997. Disponível em: <<http://ajpgi.physiology.org/content/ajpgi/272/4/G916.full.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2012.
- ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para suínos e aves: "composição de alimentos e exigências nutricionais"**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.
- SAS Institute. 2010. SAS/STAT User's Guide: Statistics. Version 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC
- SILVA, D. A. T. *et al.* Energy values of traditional ingredients and sugarcane yeast for laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 16, n. 3, p. 273-278, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbca/v16n3/07.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2014.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 235 p.
- SILVA, E. C. *et al.* Substituição do fubá de milho por gérmen integral de milho na dieta de ovinos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 442-449, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v48n4/13.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2014.
- SILVA, E. P. *et al.* Determination of the chemical composition, amino acid levels and energy values of different poultry offal meals for broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 14, n. 2, p. 97-107, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2012000200003>>. Acesso em: 15 jan. 2013.
- SILVA, E. P. *et al.* Valores energéticos de ingredientes convencionais para aves de postura comercial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 91-100, 2009. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/vet/article/view/2482/4575>>. Acesso em: 04 abr. 2013.