

Avaliação de modelos para predição da energia metabolizável do milho para aves

Evaluation of models to predict metabolizable energy of corn for chickens

Vladimir de Oliveira¹ Marson Warpechowski¹

RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de avaliar modelos de predição do valor de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) do milho para aves. Foi organizado um banco de dados contendo informações de experimentos, publicados na literatura nacional entre os anos de 1994 a 2007. Foram utilizados dados de composição química, valores de energia bruta e EMAn de 97 amostras de milho, provenientes de estudos em que os valores de EMAn foram determinados pelo método tradicional de coleta total de excretas com pintos de linhagem de corte. Avaliaram-se cinco modelos, sendo quatro deles sugeridos para estimar a EMAn do milho e um para estimar EMAn de alimentos energéticos. Os modelos estudados foram: $EMA_nC1 = 36,21*PB + 85,37*EE + 37,26*ENN$; $EMA_nC2 = 37,50*PB + 85,37*EE + 38,21*ENN$; $EMA_nC3 = 4021,8 - 227,5*MM$; $EMA_nC4 = 4337,27 - 57,17*FDN$; e $EMA_nC5 = 4371,18 - 26,48*PB + 30,65*EE - 126,93*MM - 52,26*FB - 25,14*FDN + 24,40*FDA$. Os valores de EMAn estimados pelos modelos foram comparados com os valores observados utilizando-se a análise de regressão. Em todos os modelos avaliados, houve rejeição ($P < 0,001$) da hipótese de nulidade, demonstrando diferenças entre os valores de EMAn observados e calculados. No desdobramento do quadrado médio do erro de predição (MSD) em seus componentes, constatou-se que os dados simulados pelos modelos EMAnC1, EMAnC3 e EMAnC5 apresentam desvios de magnitude e padrão de flutuação em relação aos dados observados. Por outro lado, verificou-se que as estimativas realizadas com os modelos EMAnC2 e EMAnC4 tiveram predomínio do componente que expressa o vício de predição, indicando o viés constante observado na relação entre os valores observados e preditos. Concluiu-se que nenhum dos cinco modelos estudados permitiu estimar com precisão e acurácia os valores de energia metabolizável aparente corrigida do milho para aves.

Palavras-chave: alimentos, energia metabolizável aparente, simulação de modelos, nutrição.

ABSTRACT

A study was realized to validate models to predict apparent metabolizable energy (AMEn) of corn used in chickens diets. Data set with informations of experiments published in national literature among 1994 to 2007 was organized. Chemical composition, gross energy and AMEn of 97 corn samples were including in data set. Studies which AMEn was determined by the traditional method of excreta collection with growing chickens were selected. Five models were evaluates, being four recommended for application in corn and one for application in energetic feedstuffs. The models studied were $AME_nC1 = 36.21*CP + 85.37*EE + 37.26*NNE$; $AME_nC2 = 37.5*CP + 85.37*EE + 38.21*NNE$; $AME_nC3 = 4021.8 - 227.5*ASH$; $AME_nC4 = 4337.27 - 57.17*NDF$; e $AME_nC5 = 4371.18 - 26.48*CP + 30.65*EE - 126.93*ASH - 52.26*CF - 25.14*NDF + 24.40*ADF$. The values of AMEn obtained for the models were compared with the observed values using regression analysis. In all the evaluated models there is rejection of the nullity hypothesis, showing differences between estimated and calculated AMEn values. Decomposition of mean squared deviation (MSD) has been demonstrated that calculated values from models AME_nC1 , AME_nC3 and AME_nC5 showed that its models failed to simulate the magnitude and pattern of fluctuation. On the other hand, the estimates made with models AME_nC2 e AME_nC4 showed predominance of component bias of prediction that indicates the models failed to simulate the variability of the data around the mean. Energy values predicted using different models were compared with calculated values by regression analysis. In conclusion any of five models studied allow estimating precisely the apparent metabolizable energy of corn to chickens.

Key words: apparent metabolizable energy, feedstuffs, nutrition, simulation models.

¹Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), CP 91, 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mail: v_olliveira@yahoo.com.br. Autor para correspondência.

¹¹Departamento de Zootecnia (DZ), Universidade Federal de Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil.

INTRODUÇÃO

Muitos fatores podem interferir na quantidade de energia biodisponível dos alimentos, e sem uma estimativa confiável do valor energético, torna-se mais difícil ajustar as dietas de acordo as exigências nutricionais das aves, o que pode comprometer os resultados técnicos e econômicos esperados (ALBINO & SILVA, 1996; FAWCETT & WEBSTER, 1999).

Os valores de energia biodisponível dos ingredientes podem ser obtidos por meio de ensaios *in vivo*, embora essa seja uma opção normalmente restrita a instituições de pesquisa, devido ao tempo e custo envolvidos (ROSTAGNO, 1990). O uso de valores energéticos contidos em tabelas de composição de alimentos também é uma alternativa viável, mas deve ser utilizada com cautela, pois, nesse caso, a variabilidade existente entre diferentes lotes de um mesmo alimento não é considerada. Resultados de pesquisa têm revelado que, em alguns casos, a variabilidade no valor nutricional é alta, mesmo em alimentos considerados de composição nutricional relativamente uniforme (BERGER, 1995; LIMA & SOUZA, 2002; COWIESON, 2005). A estimativa da quantidade de energia por meio de modelos que têm como preditores variáveis da composição química é uma opção bastante difundida e apresenta vantagens como rapidez e baixo custo (SIBBALD, 1982), além de considerar as características do lote de alimento que efetivamente está disponível para o preparo da ração.

O milho é o principal alimento utilizado como fonte de energia na ração de frangos de corte criados no Brasil. É possível que isso justifique os esforços de vários pesquisadores para determinar a variabilidade no conteúdo de energia desse cereal e, também, a existência de muitos modelos para estimar o conteúdo de energia do milho para aves (RODRIGUES et al., 2001; NASCIMENTO, 2007). Com relação à precisão e a exatidão, percebe-se que a maioria dos modelos apresenta bom poder de predição para o conjunto de dados em que foram derivados. Contudo, há poucos estudos comparando o comportamento de modelos de predição em conjuntos de dados independentes.

Assim, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar modelos matemáticos para estimar o conteúdo de energia metabolizável aparente do milho utilizado em rações de aves.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Elaborou-se um banco de dados contendo informações sobre ensaios de metabolismo realizados com o objetivo de determinar a composição química e o valor de energia bruta e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) do milho para aves. Selecionaram-se dados contidos em experimentos publicados entre 1994 e 2007, nos quais se empregou o método tradicional de coleta total de excretas. As idades mínima e máxima das aves utilizadas nos estudos considerados foram de 14 e 35 dias, respectivamente. No estudo que utilizou aves mais jovens, o período de coleta foi realizado entre 18 e 21 dias de vida, enquanto que no estudo conduzido com aves de maior idade, o período de coleta ocorreu entre os dias 32 e 35 de vida. Ao total foram obtidos dados de 97 amostras de milho, provenientes de estudos realizados em diferentes instituições brasileiras. Os dados utilizados foram ajustados para um mesmo teor de matéria seca.

Foram avaliados cinco modelos de predição, sendo quatro deles indicados para estimar o valor energético do milho e um recomendado para aplicação em cereais, conforme listado respectivamente a seguir:

$$EMA_n C1 = 36,21 * PB + 85,37 * EE + 37,26 * ENN \quad (1);$$

$$EMA_n C2 = 37,5 * PB + 85,37 * EE + 38,21 * ENN \quad (2);$$

$$EMA_n C3 = 4021,8 - 227,5 * MM \quad (3);$$

$$EMA_n C4 = 4337,27 - 57,17 * FDN \quad (4);$$

$$EMA_n C5 = 4371,18 - 26,48 * PB + 30,65 * EE - 126,93 * MM - 52,26 * FB - 25,14 * FDN + 24,40 * FDA \quad (5);$$

em que: PB = proteína bruta (%); EE = extrato etéreo (%); ENN = extrativo não nitrogenado (%); MM = matéria mineral (%); FDN = fibra em detergente neutro (%); FB = fibra bruta (%); e FDA = fibra em detergente ácido.

O modelo 1 foi proposto por JANSSEN (1989) e origina-se de uma relação teórica estabelecida com base em valores médios de energia metabolizável da proteína bruta, extrato etéreo e extrativo não nitrogenado. O modelo 2 origina-se do modelo 1, mas os coeficientes de digestibilidade foram substituídos por valores citados por ROSTAGNO et al. (2005), na tentativa de adaptá-lo a realidade brasileira. Os modelos 3 e 4 foram propostos por RODRIGUES et al. (2001). O modelo 5, ao contrário dos demais, que são específicos para o milho, é recomendado para estimar valores energéticos de cereais e foi obtido por NASCIMENTO (2007), com base na técnica de meta-análise. Para avaliação dos modelos 4 e 5, foram utilizados apenas os dados que continham informações sobre FB, FDA e FDN, totalizando 76 amostras analisadas.

Os procedimentos de comparação entre os valores observados de EMAn e aqueles obtidos pelas diferentes equações testadas basearam-se no ajuste de modelo de regressão linear simples dos valores estimados sobre os observados. Os parâmetros da

regressão foram testados de acordo com as seguintes hipóteses estatísticas.

$$\begin{array}{ll} H_0: \beta_0 = 0 & H_0: \beta_1 = 1 \\ H_a: \beta_0 \neq 0 & H_a: \beta_1 \neq 1 \end{array}$$

No caso de não rejeição das hipóteses de nulidade, considerou-se que os valores estimados eram semelhantes aos valores observados.

Para comparar a eficiência das equações em prever os valores de EMAn do milho, utilizou-se a metodologia descrita em KOBAYASHI & SALAM (2000), conforme as seguintes equações:

$$MSD = SB + SDDS + LCS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (6)$$

$$SB = (\bar{x} - \bar{y})^2 \quad (7)$$

$$SDDS = (SDx - SDy)^2 \quad (8)$$

$$LCS = 2 SDxSDy (1 - r) \quad (9)$$

em que: x = valores estimados; y = valores observados; MSD = quadrado médio dos desvios entre valores estimados; SB = quadrado do vício; SDDS = quadrado da diferença entre os desvios-padrão de x e de y, componente que avalia a diferença na magnitude de flutuação aleatória de x e de y; LCS = falta de correlação positiva ponderada pelos desvios-padrão de x e de y, componente que avalia a diferença no comportamento da flutuação aleatória de x e de y; SDx e SDy = desvios-padrão para valores estimados e observados, respectivamente; e r = correlação linear de Pearson entre valores estimados e observados. Em todos os cálculos de variâncias, foram utilizados como divisor o total de observações (n).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas das variáveis de composição química, energia bruta e EMAn são apresentadas na tabela 1. Ao comparar esses resultados com os divulgados pela EMBRAPA/CNPQA (2008) verifica-se que o conjunto de dados utilizados para validar os modelos reflete adequadamente a variação na composição química e os valores energéticos dos grãos de milho utilizados em rações de aves.

Nenhum dos modelos propostos apresentou capacidade de predição satisfatória, uma vez que os coeficientes angulares das regressões entre os valores preditos e os valores observados diferiram de 1 ($P < 0,001$) em todos os modelos estudados (Tabela 2).

A análise de resíduos (Figura 1) mostra que o modelo 1 superestima os milhos com teor de energia abaixo da média e subestima os milhos com valores energéticos acima da média. O modelo 1 é uma sugestão apresentada por JANSSEN (1989) nas Tabelas Europeias de Valores Energéticos para Alimentos de Aves. Conforme explica o autor, em razão da escassez de dados, o modelo foi baseado na relação teórica entre as quantidades médias de nutrientes digestíveis e os valores energéticos médios desses nutrientes no milho. Foram fixados coeficientes de digestibilidade (84, 92 e 90% para PB, EE e ENN, respectivamente) e os respectivos valores de energia (4,31, 9,29 e 4,14 calorias por grama para PB, EE e ENN, respectivamente) para cada um dos nutrientes considerados. Esses resultados

Tabela 1 – Estatísticas descritivas para os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativo não nitrogenado (ENN) e energia metabolizável aparente corrigida de amostras de milho utilizadas para validar os modelos.

	N	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Modelos 1, 2 e 3 ²					
MS (%)	97	86,74	1,58	76,09	89,78
PB ¹ (%)	97	9,48	1,01	7,06	11,46
EE ¹ (%)	97	4,11	0,80	2,14	6,01
MM ¹ (%)	97	1,39	0,25	0,97	2,11
ENN ¹ (%)	97	83,01	1,52	79,69	86,06
EMAn ¹ (kcal/kg)	97	3751	96,52	3405	4013
Modelos 4 e 5 ²					
MS (%)	76	86,98	0,84	85,25	88,21
PB ¹ (%)	76	9,62	1,03	7,06	11,46
EE ¹ (%)	76	3,87	0,68	2,14	5,58
MM ¹ (%)	76	1,35	0,24	0,97	2,11
FB ¹ (%)	76	2,02	0,57	0,87	4,24
FDN ¹ (%)	76	14,74	2,37	9,42	19,99
FDA ¹ (%)	76	3,38	1,07	1,56	6,86
EMAn ¹ (kcal/kg)	76	3753	100,08	3405	4013

¹ Valores expressos com base na matéria seca. ² Descritos no texto.

Tabela 2 – Médias, parâmetros da regressão, coeficientes de correlação linear e probabilidades de erro tipo I associadas às hipóteses de nulidade para as diferentes relações funcionais entre variáveis.

-----Descrição das relações-----				-----Regressão linear-----					
Variável Independente (X)		Variável Dependente (Y)		Intercepto		Coeficiente Regressão		Coeficiente de Correlação Linear	
Código ^a	Média	Código	Média	Estimativa	Valor P ^b	Estimativa	Valor P ^c	Estimativa	Valor P ^d
EMAn	3750	EMAn_C1	3788	3615	0,0009	0,0358	0,0008	0,0132	0,8980
EMAn	3750	EMAn_C2	3878	3655	0,0012	0,0246	0,0008	0,0089	0,9309
EMAn	3750	EMAn_C3	3706	4984	0,0001	-0,3329	0,0001	-0,1997	0,0499
EMAn	3753	EMAn_C4	3525	3599	0,0001	0,0441	0,0001	0,0580	0,6212
EMAn	3753	EMAn_C5	3524	3670	0,0001	0,0227	0,0001	0,0289	0,8039

^a EMAn = energia metabolizável aparente corrigida observada (kcal/kg MS); EMAn_C1 a EMAn_C5 = energia metabolizável aparente corrigida calculada pelos modelos 1 a 5, respectivamente; ^b H₀: $\beta_0 = 0$; ^c H₀: $\beta_1 = 1$; ^d $\rho = 0$.

podem ter ocorrido em razão do modelo não considerar a fibra, pois, apesar de o teor de fibra do milho ser relativamente baixo, sua consideração é importante na predição da energia metabolizável de alimentos vegetais para aves (CARRÉ, 1991). A superioridade dos coeficientes de digestibilidade de milhos analisados no Brasil (ROSTAGNO et al., 2005), em especial do EE e ENN (87 e 92,3%, respectivamente), também pode ter contribuído para os resultados observados.

O modelo 2 foi adaptado do modelo 1, sendo utilizado coeficientes de digestibilidade citados por ROSTAGNO et al. (2005), na tentativa de torná-lo mais adequado à realidade brasileira. Apesar de o modelo 2 gerar maiores valores de energia em relação ao modelo 1, esse procedimento não foi eficaz para melhorar a precisão das estimativas de EMAn. Como se observa pela tendência dos resíduos (Figura 1), o modelo 2 tende a superestimar a EMAn do milho. O uso de coeficientes de digestibilidade obtidos com alimentos analisados no Brasil não foi suficiente melhorar o desempenho da equação proposta por JANSSEN (1989). Tais resultados possivelmente evidenciam a dificuldade de estimar valores de energia de alimentos utilizando coeficientes de digestibilidade fixos para os nutrientes. Isso porque vários autores têm verificado alta variabilidade no valor nutricional de alimentos, mesmo naqueles considerados de composição nutricional relativamente uniforme, como é o caso do milho (BERGER, 1995; COWIESON, 2005).

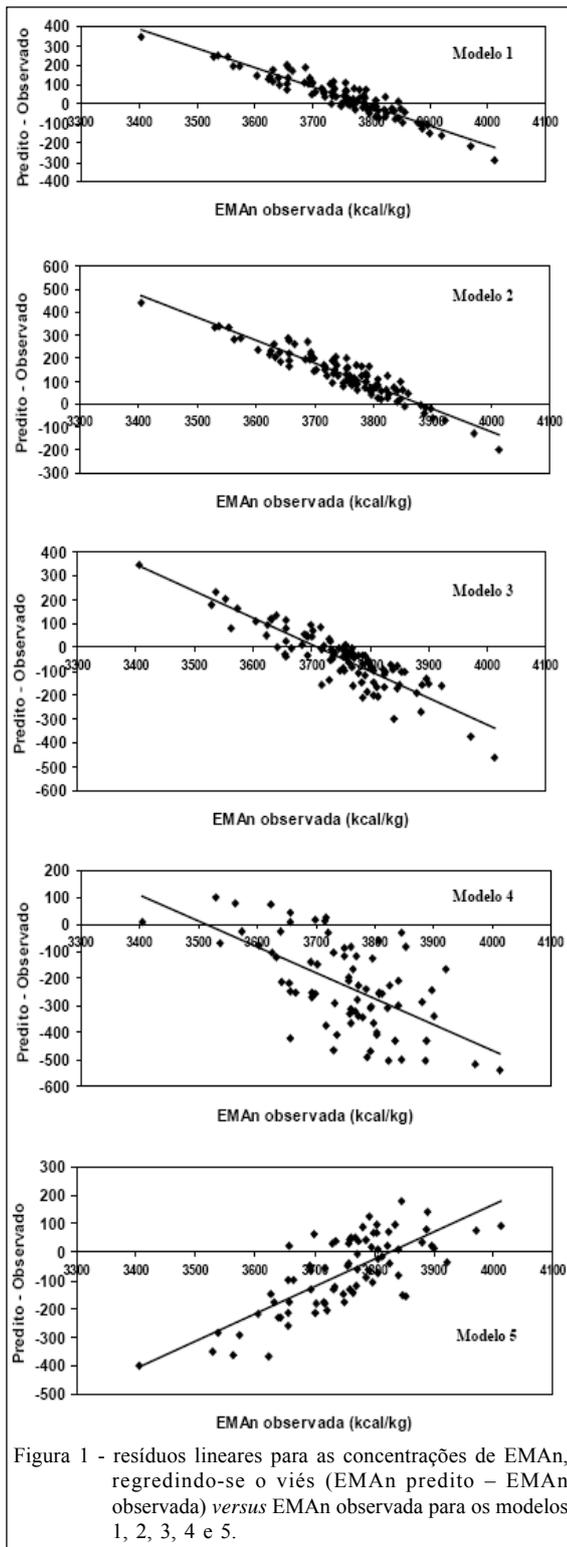
Ao visualizar a distribuição gráfica dos resíduos (Figura 1), percebe-se que o modelo 3 superestima os teores de EMAn abaixo da média e subestima os valores de energia dos milhos contendo EMAn superior à média. No modelo 3, a MM é o único componente químico utilizado para estimar a EMAn

do milho. A pequena variação no conteúdo relativo de MM entre diferentes amostras de milho pode ter contribuído para esses resultados, pois é sabido que esse fato normalmente torna a variável MM inadequada para estimativa da energia de alimentos (WEISS, 1993).

Da mesma forma que o observado nos demais modelos, a energia foi superestimada em milhos com EMAn abaixo da média e subestimada naqueles com teor de EMAn acima da média (Figura 1d). Esse modelo foi incluído na avaliação por considerar a fibra em detergente neutro (FDN) como uma de suas variáveis independentes. Apesar de o milho apresentar baixa concentração de FDN, há um consenso de seu efeito negativo na digestibilidade dos nutrientes de cereais (HUGHES & CHOCT, 1999). De acordo com NASCIMENTO (2007), a FDN e FDA são determinantes na variabilidade da EMAn dos alimentos energéticos.

Ao contrário dos demais, o modelo 5 foi proposto por NASCIMENTO (2007) como uma alternativa para calcular o valor de EMAn em alimentos energéticos, e sua aplicação não é exclusiva para o milho. Observando-se a figura 1, verifica-se que o modelo 5 subestima os valores de EMAn abaixo da média e superestima os valores de EMAn acima da média. Outra característica desse modelo é o número de variáveis preditoras utilizadas.

Nenhum dos modelos resultou em estimativas adequadas da EMAn do milho. A falta de ajuste dos modelos pode ser resultado de vários fatores. De acordo com SIBBALD (1982), apesar do grande esforço para elaborar modelos de predição, nem toda a tentativa de relacionar composição química e energia tem obtido sucesso quando testada com dados independentes, o que pode estar associado à variabilidade entre diferentes laboratórios, observada



mesmo quando a mesma técnica analítica é utilizada (CROMWELL et al., 1999). Além disso, os modelos são “população dependente” e sua aplicação deve restringir-se a amostras com características semelhantes

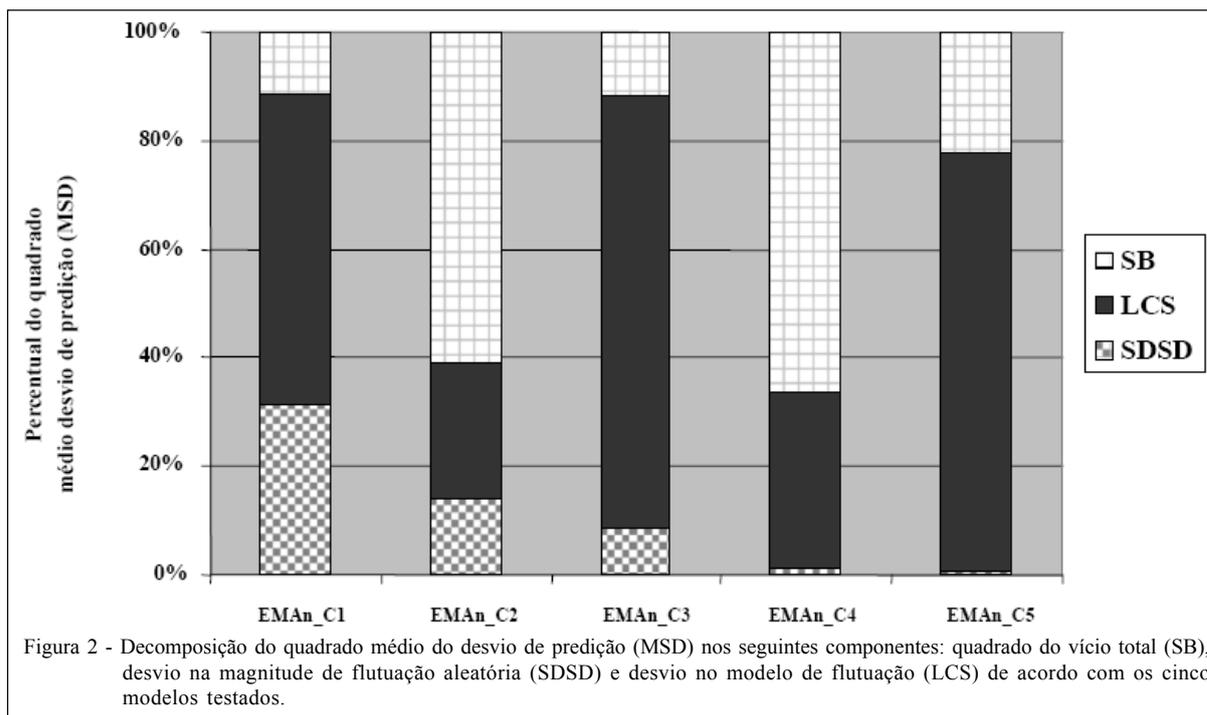
a da população que lhe deu origem, sendo esse procedimento fundamental para evitar estimativas viesadas (WEISS, 1993). A pressuposição contida na maioria dos modelos que estabelecem relações lineares entre composição química e valores energéticos de alimentos é de que os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes não variam ou apresentam baixa variação. Contudo, diversos estudos indicam a ocorrência de variações na digestibilidade das frações extrato etéreo, amido e proteína do grão de milho (HUGHES & CHOCT, 1999; WISEMAN, 2006), inclusive no milho (COWIESON, 2005). É possível que essa também seja uma explicação para os resultados obtidos no presente estudo.

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

Os componentes do quadrado médio do erro de predição (MSD) são apresentados na figura 2. Os modelos EMAnC1, EMAnC3 e EMAnC5 apresentaram a maior parte do MSD distribuída nos desvios de magnitude (SDSD) e padrão de flutuação dos desvios (LCS) em torno da média aritmética (Figura 2). O SDSD maior indica que os modelos EMAnC1, EMAnC3 e EMAnC5 são inadequados para simular a magnitude da variação dos dados simulados de EMAn. Já a maior participação do LCS no MSD desses modelos informa que os mesmos foram ineficientes para simular o padrão de variação dos dados de EMAn. Conjuntamente resultados indicam que os modelos EMAnC1, EMAnC3 e EMAnC5 não simulam adequadamente a variabilidade dos dados de EMAn simulados em torno da média (KOBAYASHI & SALAM, 2000). Por outro lado, as predições realizadas com os modelos EMAnC2 e EMAnC4 tiveram predomínio do componente que expressa o vício de predição (SB), indicando o viés constante verificado na relação entre os valores observados e preditos. A maior proporção do SB no MSD dos modelos EMAnC2 e EMAnC4 refletiu negativamente sobre a qualidade das estimativas de EMAn obtidas com esses modelos.

CONCLUSÃO

Nenhum dos cinco modelos estudados permite estimar com precisão e acurácia os valores de energia metabolizável aparente corrigida do milho para aves.



REFERÊNCIAS

- 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, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV, 1996. p.303-318.
- BERGER, L.L. Why do we need a NRC data base? **Animal Feed Science and Technology**, v.53, p.99-107, 1995.
- CARRÉ, B. The chemical and biological bases of a calculation system developed for predicting dietary energy values – a poultry model. In: FULLER, M.C. (Ed.) **In vitro digestion for pigs and poultry**. Wallingford: CAB International, 1991. p.67-85.
- COWIESON, A.J. Factors that affect the nutritional value of maize for broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.119, p.293-305, 2005.
- CROMWELL, G.L. et al. Variability among sources and laboratories in nutrient analyses of corn and soybean meal. **Journal of animal science**, v.77, p.3262-3273, 1999.
- EMBRAPA/CNPISA. **Ingredientes para rações**, Concórdia, SC. 2008. Acessado em 04 ago. 2008. Online. Disponível em: <http://www.cnpisa.embrapa.br/?idp=Ph4x51j0o>.
- FAWCETT, R.H.; WEBSTER, M. Variabilidade de alimento e dos ingredientes do alimento: impacto na performance de frangos de corte e lucro. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV-EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa suínos e aves, 1999. p.59-68.
- HUGHES, R.J.; CHOCT, M. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability in poultry. **Australian Journal Agricultural Research**, v.50, p.689-701, 1999.
- JANSSEN, W.M.M.A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3.ed. Beekbergen, 1989. 84p. (Spelderholt Centre for Poultry Research and Information Services).
- KOBAYASHI, K.; SALAM, M.U. Comparing simulated and measured values using mean squared deviation and its components. **Agronomy Journal**, v.92, p.345-352, 2000.
- LIMA, G.M.M.; SOUZA, O.W. Importância da qualidade de grãos na produção de suínos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO, MERCADO E QUALIDADE DE CARNE DE SUÍNOS – AVESUI, 2002, Florianópolis. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p.45-62.
- MORGAN, C.A.; WHITEMORE, C.T. Energy evaluation of feeds and compounded diets for pigs – A review. **Animal Feed Science Technology**, v.7, p.387-400, 1982.
- NASCIMENTO, G.A.J. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio de meta-análise**. 2007. 199f. (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- RODRIGUES, P.B. et al. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1767-1778, 2001.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizadas na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Piracicaba, 37., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p.11-30.

SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal Animal Science**, v.62, p.983-1048, 1982.

WEISS, W.P. Prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal Dairy Science**, v.76, p.1802-1811, 1993.

WISEMAN, J. Variations in starch digestibility in non-ruminants. **Animal Feed Science Technology**, v.130, p.66-77, 2006.