

**VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS  
CONCENTRADOS DETERMINADOS COM  
FRANGOS DE CORTE E POR EQUAÇÕES DE  
PREDIÇÃO**

**RENATA RIBEIRO ALVARENGA**

**2009**

**RENATA RIBEIRO ALVARENGA**

**VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS CONCENTRADOS  
DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE E POR  
EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Paulo Borges Rodrigues

LAVRAS  
MINAS GERAIS-BRASIL  
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Alvarenga, Renata Ribeiro.

Valores energéticos de alimentos concentrados determinados com frangos de corte e por equações de predição / Renata Ribeiro Alvarenga.  
– Lavras : UFLA, 2009.

66 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Paulo Borges Rodrigues.

Bibliografia.

1. Meta análise . 2. Avicultura. 3. Nutrição animal. 4. Alimentação. 5. Energia metabolizável. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.5085

**RENATA RIBEIRO ALVARENGA**

**VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS CONCENTRADOS  
DETERMINADOS COM FRANGOS DE CORTE E POR  
EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 15 de maio de 2009

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas UFLA

Prof. Édison José Fassani UFLA

Prof. Renato Ribeiro de Lima UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL

A Deus, por iluminar minha vida,  
A minha mãe (*in memoriam*), pelo amor e que sempre será meu  
exemplo de vida,  
Ao meu pai, Vicente, pela minha formação e pelo apoio constante na  
busca dos meus sonhos.

### **OFEREÇO**

Aos meus irmãos, Rogério e Patrícia, por me apoiarem e incentivarem  
sempre,  
Ao meu noivo, Márcio, com quem compartilho todos os momentos de  
minha vida, pelo amor e carinho,  
E a todos os meus amigos e familiares que me ajudaram a conquistar mais  
uma etapa.

### **DEDICO**

*Os problemas da vida fazem dos fortes mais fortes  
e dos fracos mais fracos porque os fracos costumam  
usá-los como desculpa*

## AGRADECIMENTOS

Nunca se conquista uma vitória sozinha. Agradeço a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, que me concederam, a cada momento desta caminhada, saúde, força, dedicação e inteligência, para que eu alcançasse o final desejado.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de cursar o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes,) pela concessão da bolsa de estudos.

Às empresas Fri-Ribe e Cogran Premixes Ltda., pelo fornecimento de alguns alimentos.

À Alimenta Avícola S/A, na pessoa de Nora Souto, pelo fornecimento das soja integrais e extrusada.

Ao meu orientador, Prof. Paulo Borges Rodrigues, pelos valiosos ensinamentos, oportunidades concedidas, incentivo, confiança e amizade.

Ao Prof. Renato Ribeiro de Lima, do Departamento de Ciências Exatas, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, por acompanhar todas as etapas da minha pós-graduação, pelas sugestões e ensinamentos.

Ao Prof. Édison José Fassani, pela participação na banca de defesa e pelas sugestões e críticas apresentadas para melhoria deste trabalho.

Aos bolsistas de iniciação científica, Gustavo Lima, Leonardo Rafael, Mateus de Paula Reis, Drielli Lima e ao estagiário Igor Resende, pela imprescindível ajuda na condução deste estudo.

Aos amigos de pós-graduação Valéria Vânia Rodrigues, Mary Ana Petersen Rodrigues, Elisangela Minati Gomide, Jeferson Éder Ferreira, Luziane

Moreira, Verônica Bernardino, Luis Eduardo Avelar Pucci e Adimar Júnior, pelo convívio, amizade e constantes contribuições.

Ao funcionário do Departamento de Zootecnia Luís Carlos de Oliveira (Borginho), pela ajuda na execução dos experimentos. Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

A todos familiares, amigos e aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muito obrigada!**

## **BIOGRAFIA**

RENATA RIBEIRO ALVARENGA, filha de Vicente Lopes de Alvarenga e Ivany Ribeiro Alvarenga (*in memoriam*), nasceu na cidade de Campo Belo (MG), em 9 de agosto de 1982.

Em setembro de 2002 ingressou na Universidade Federal de Lavras, na qual se graduou em Zootecnia em 28 de setembro de 2007.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação do Departamento de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras em março de 2008, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, com concentração em Nutrição de Monogástricos, em 15 de maio de 2009.



## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT .....	v
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	04
2.1 Composição química dos alimentos.....	04
2.2 Valor energético dos alimentos.....	06
2.3 Metodologias para se determinar o valor energético dos alimentos .....	07
2.4 Fatores que interferem nos valores de energia metabolizável.....	10
2.5 Estimativa dos valores de energia metabolizável por meio de equações de predição.....	14
2.6 Meta-análise.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	20
3.1 Ensaio de metabolismo I – Determinação dos valores energéticos de alimentos proteicos .....	22
3.2 Ensaio de metabolismo II – Determinação da energia metabolizável de alimentos energéticos.....	24
3.3 Determinação dos valores energéticos por meio de equações de predição.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 Composição química dos alimentos.....	26
4.2 Valores energéticos determinados com pintos em crescimento.....	29
4.3 Valores energéticos estimados por equações de predição .....	35
5 CONCLUSÕES .....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

## LISTA DE TABELAS

		<b>Página</b>
TABELA 1	Composição centesimal e calculada da ração referência utilizada nos experimentos I e II .....	21
TABELA 2	Composição química e energética dos alimentos proteicos, expressos na matéria seca .....	27
TABELA 3	Composição química e energética dos alimentos energéticos, expressos na matéria seca .....	28
TABELA 4	Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio retido (EMAn) dos alimentos proteicos, determinados com pintos em crescimento (23 a 25 dias de idade), e seus respectivos erros padrões .....	29
TABELA 5	Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio retido (EMAn) dos alimentos energéticos, determinados com pintos em crescimento (23 a 25 dias de idade), e seus respectivos erros padrões .....	30
TABELA 6	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio retido (kcal/kg de matéria seca) de alguns alimentos proteicos obtida por ensaio de metabolismo (n = 6) com frangos de corte ou por equações de predição gerais ou específica para alimentos protéicos .....	35
TABELA 7	Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação (r <sup>2</sup> ) para as regressões entre valores observados e preditos para os valores de EMAn de alimentos protéicos .....	37

TABELA 8	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio retido (kcal/kg de matéria seca) de alguns alimentos energéticos obtida por ensaio de metabolismo (n = 6) com frangos de corte ou por equações de predição gerais ou específica para alimentos energéticos .....	44
TABELA 9	Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação (r <sup>2</sup> ) para as regressões entre valores observados e preditos para os valores de eman de alimentos energéticos .....	47

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIGURA 1 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica para alimentos proteicos ( $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ ) para o conjunto de alimentos proteicos .....	39
FIGURA 2 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 1 ( $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ) para o conjunto de alimentos protéicos .....	39
FIGURA 3 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 2 ( $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ) e observados para o conjunto de alimentos proteicos .....	40
FIGURA 4 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica para alimentos energéticos 1 ( $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos .....	48
FIGURA 5 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica 2 ( $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos .....	49
FIGURA 6 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 1 ( $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos .....	49
FIGURA 7 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 2 ( $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ) para o conjunto de alimentos energéticos .....	50

## RESUMO

ALVARENGA, Renata Ribeiro. **Valores energéticos de alimentos concentrados determinados com frangos de corte e por equações de predição**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Dois ensaios metabólicos foram conduzidos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. O objetivo foi determinar os valores energéticos de alimentos concentrados utilizados para frangos de corte e validar equações de predição elaboradas utilizando o princípio da meta-análise para estimar, por meio da composição química, a energia metabolizável de alimentos energéticos e proteicos. No primeiro experimento, determinou-se a EMAn de nove alimentos proteicos (quatro amostras de farelo de soja, uma de farelo de soja semi-integral, uma de soja integral extrusada, uma de proteína texturizada de soja, uma de soja integral micronizada e uma de protenose) e, em um segundo ensaio, a EMAn de nove alimentos energéticos (dois híbridos de milho, milho pré-gelatinizado, duas amostras de sorgo, quirera de milho, farelo de trigo, farelo e quirera de arroz). Também foram realizadas as análises laboratoriais para a determinação da composição química dos alimentos testados, a qual foi utilizada no cálculo da EMAn pelas equações propostas. A análise estatística foi feita por meio do ajustamento de equação de regressão linear simples de valores observados *in vivo* sobre os valores estimados por cada equação. Todas as equações foram eficientes em estimar os valores de EMAn dos alimentos testados, embora as equações específicas para alimentos energéticos tivessem superestimado de forma ligeira os valores, com vícios de 1,38% e 1,22%. Conclui-se que as equações propostas por Nascimento (2007) podem ser utilizadas para estimar, de forma satisfatória, a EMAn de alimentos concentrados proteicos e energéticos de origem vegetal utilizados para frangos de corte e que as equações com maior número de variáveis apresentam menor erro-padrão da estimativa. No entanto, a equação  $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$  foi a mais aplicável na predição dos valores energéticos dos alimentos avaliados.

---

Comitê Orientador: Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador), Antônio Gilberto Bertechini – UFLA e Renato Ribeiro de Lima - UFLA.

## ABSTRACT

ALVARENGA, Renata Ribeiro. **Energy values of concentrate feedstuffs determined with broilers and by prediction equations.** 2009. 66 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Lavras Federal University, Lavras, MG.\*

Two metabolism assays were conducted in the Poultry Production Sector of the Animal Science Department of Lavras Federal University (UFLA) in Lavras, MG, Brazil. The objective was determining the energy values of concentrate feedstuffs utilized for broilers and validating the elaborated prediction equation by using the meta-analysis principle to estimate by means of the chemical composition, the metabolizable energy of energy and protein feedstuffs. In the first experiment, the nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn) of nine protein feeds (four samples of soybean meal, one of semi-whole soybean meal, one of extruded full fat soybean, one of texturized soybean protein, one of micronized full fat soybean and one of corn gluten meal) was determined and, in a second experiment, of nine energy feeds (two corn hybrids, pre-gelatinized corn, two samples of sorghum, corn grits, wheat meal, broken rice and rice bran) was determined. Also, the laboratory analyses for determination of chemical composition of the tested feedstuffs were performed, which were utilized in calculating AMEn by the proposed equations. The statistical analysis was made by the adjustment of simple linear regression equations of observed *in vivo* values on the estimated values by each equation. All the equations were efficient in estimating the AMEn values of the tested feedstuffs, though the specific equations for energy feedstuffs had overestimated slightly the values, with biases of 1.38 and 1.22%. It follows that the equations proposed by Nascimento (2007) can be utilized to estimate, in a satisfactory manner, the AMEn of protein and energy concentrate feedstuffs of plant origin utilized for broilers. The equations with the greatest number of variables showed lesser estimative-standard error. Nevertheless, the equation  $AMEn = 4101.33 + 56,28EE - 232.97ASH - 24.86NDF + 10.42A DF$  was the most applicable in the prediction of the energy values in the tested feedstuffs.

---

Guidance Committee: Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Major Professor),  
Antônio Gilberto Bertechini – UFLA and Renato Ribeiro de Lima -  
UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

O setor avícola brasileiro apresenta crescente desenvolvimento, acompanhando o aumento do consumo de carne de frango pela população brasileira e o aumento das exportações. As inovações tecnológicas referentes à genética, ao manejo, à sanidade e à nutrição são os fatores que permitiram a melhoria da produtividade no setor. Assim, com a especialização da avicultura, as aves se tornam mais produtivas, ficando também mais exigentes nutricionalmente.

Para atender adequadamente às exigências nutricionais dos animais para a expressão do máximo potencial produtivo, é necessária a formulação de rações equilibradas, evitando maior excreção de dejetos, fato este preocupante no que se refere à questão ambiental. Por isso, é fundamental a obtenção de dados precisos dos valores energéticos e da composição química dos alimentos.

A energia, além de ser indispensável para as funções vitais das células, tem participação importante na regulação do consumo. Existem várias formas para expressá-la nos alimentos, como energia bruta (EB), energia digestível (ED), metabolizável (EM) e energia líquida (EL). Dentre elas, a forma mais utilizada é a EM, cuja eficiência na determinação é importante, já que o conteúdo energético da ração pode influenciar o consumo e o desempenho dos animais. Porém, existem dificuldades nessa determinação, devido fatores como as diferentes metodologias utilizadas, o tempo necessário para a realização do ensaio metabólico e a existência da variação da composição química dos alimentos.

Neste contexto, sabe-se que existem inúmeros fatores que interferem na concentração de nutrientes dos ingredientes, como a fertilidade de solo, as condições de plantio, o clima, a variabilidade genética dos cultivares, as formas de armazenamento e processamento dos grãos vegetais, além da composição e

da forma de obtenção de produtos de origem animal. Assim, a variação na composição dos alimentos é inevitável e as tabelas estrangeiras, na maioria das vezes, não podem ser aplicadas às condições brasileiras, o que leva à necessidade de constante atualização das tabelas nacionais. Portanto, a precisão na formulação das rações está associada à acurácia com que se determinam esses valores. Por outro lado, sabe-se que a composição química do alimento pode afetar seu valor energético para os animais.

Alguns trabalhos têm enfatizado o uso de equações de predição, que são estabelecidas em função da composição química dos alimentos, a partir da qual é possível estimar a energia metabolizável desses mesmos alimentos. Portanto, considerando que a composição química dos alimentos é bastante variável, Nascimento (2007) preconiza a necessidade de combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições e diferentes níveis de precisão para obter resultados mais coerentes do que aquelas disponíveis em cada fonte de informação. Diante dessas considerações, o referido autor indicou equações de predição para determinar o valor de energia metabolizável de alimentos proteicos e energéticos seguindo o princípio da meta-análise.

A utilização de equações de predição tem sido de grande valia por possibilitar, de forma rápida e fácil, a determinação dos valores energéticos dos alimentos. Na literatura, estão disponíveis equações para prever valores energéticos de vários alimentos, porém, não há relatos suficientes que venham a validar tais equações. Assim, para que uma equação de predição de conteúdo energético de um alimento seja assumida como eficaz, é necessário testar a confiabilidade da estimativa, ou seja, é preciso comparar os valores estimados pelas equações obtidas com valores determinados em ensaios metabólicos.

Assim, objetivou-se, com a presente pesquisa, determinar a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) de alguns ingredientes proteicos e energéticos comumente utilizados em rações para aves, utilizando



ensaios metabólicos com frangos em crescimento e equações de predição estabelecidas pela meta-análise.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Composição química dos alimentos**

A formulação de rações envolve uma combinação de vários alimentos e subprodutos, de forma que possam atender às exigências nutricionais das aves. Portanto, para uma maior precisão na formulação e no balanceamento das rações, é necessário o conhecimento da composição química e dos valores energéticos dos ingredientes, assim como de suas limitações de uso.

No passado, dada a inexistência de dados nacionais, era comum o uso de tabelas estrangeiras para se obterem os valores de composição química e energética dos alimentos. Entretanto, a partir da década de 1980, pesquisadores intensificaram seus esforços em publicações de tabelas brasileiras com composição de alimentos para aves, sendo as mesmas atualizadas e reeditadas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 1991 e Rostagno et al., 2005). Dentre as tabelas estrangeiras, encontram-se as de Scott et al. (1982), National Research Council – NRC (1994), Lesson & Summers (1997) e Batal & Dale (2009), dentre outras.

Brum et al. (2000) enfatizaram a importância da contínua avaliação dos ingredientes para manter atualizado um banco de dados, possibilitando melhorar as estimativas das médias de energia metabolizável e nutrientes que são utilizados nas dietas de aves. Com isso, vários trabalhos vêm sendo conduzidos nos últimos anos, avaliando nutricionalmente alimentos comumente utilizados na formulação de rações para aves, com o objetivo de atualizar e incluir outros às tabelas já existentes, possibilitando assim melhor utilização desses alimentos na formulação de dietas (Vieites et al., 2000; Rodrigues et al., 2002; Tucci et al., 2003; D'Agostini et al., 2004; Nunes et al., 2005; Ost et al., 2005; Nery et al., 2007).

Um grande problema enfrentado pelos nutricionistas é a variação na composição química de um mesmo tipo de alimento. Porém, essa variação é normal, em função de diferentes condições climáticas, espécie e variedade de grãos, tipo de solo em que foram produzidos, armazenamento e processamento a que os ingredientes são submetidos.

Albino et al. (1992a), comparando a composição química e níveis energéticos de diversos alimentos, observaram grande variação nos valores inerente aos subprodutos de origem animal e, segundo os autores, essas variações originaram-se dos diferentes métodos de processamento e da falta de padronização dos produtos nacionais. Dessa forma, Vieites et al. (2000), trabalhando com seis farinhas de carne e ossos, verificaram grande diversidade nos valores de composição química das mesmas. Freitas et al. (2005) relataram que diferentes processamentos da soja integral resultaram em características nutricionais distintas, principalmente quanto ao valor de energia metabolizável. Lima (2000) apresentou dados do período de 1979 a 1997, demonstrando que ocorreram oscilações de 1,41% a 6,09% nos teores de óleo e de 6,43% a 10,99% nos valores de proteína de amostras de milho.

As variações de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, ainda mais se considerar variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos. De acordo com Nascimento et al. (1998), a importância da determinação do valor nutritivo aumenta, no que se refere a alimentos não-convencionais, pela inexistência de informações ou pela variação na composição desses alimentos citados em tabelas nacionais e estrangeiras.

## **2.2 Valor energético dos alimentos**

A maximização do potencial de desenvolvimento dos animais depende de vários fatores. Ao lado de condições favoráveis inerentes ao ambiente de criação e da saúde dos animais, a nutrição correta, com adoção de técnicas aprimoradas no preparo das rações, constitui pressuposto importante e básico para a otimização da produção (Zanotto & Monticelli, 1998).

Um dos fatores mais importantes a serem considerados na nutrição animal é a energia, produto gerado pela transformação dos nutrientes durante o metabolismo (NRC, 1994). É consenso entre os nutricionistas que a energia é um dos fatores limitantes do consumo, sendo utilizada nos mais diferentes processos que envolvem desde a manutenção das aves até o máximo potencial produtivo (Fischer Júnior et al., 1998).

O conteúdo energético dos alimentos pode ser expresso tanto na forma de energia bruta (EB), digestível (ED), metabolizável aparente (EMA) ou verdadeira (EMV) e líquida (EL). Em laboratório, a energia determinada é denominada energia bruta, a qual representa a quantidade de energia liberada por um ingrediente, quando incinerado na bomba calorimétrica. A energia bruta indica apenas o total de energia presente no alimento e não a que está disponível para o animal. A energia digestível é determinada pela diferença entre a energia ingerida e a excretada nas fezes; porém, para aves, essa determinação não é usual, pelo fato de as mesmas excretarem fezes e urina juntas.

A energia da excreta é composta da energia proveniente de uma fração não assimilada do alimento e de uma fração de origem endógena e independente da dieta. A energia metabolizável aparente (EMA) consiste na diferença entre energia consumida e energia da excreta, não considerando que parte desta última seja proveniente de material endógeno. Dessa forma, a energia contida na excreta proveniente das perdas endógenas é contabilizada como se fosse energia do alimento não absorvida. Por outro lado, quando se determina a quantidade de

energia proveniente de perdas endógenas e considera-se este valor nos cálculos, tem-se a energia metabolizável verdadeira (EMV). Portanto, a EMV será sempre maior que a EMA, como mostrado por Song et al. (2003). Nas últimas décadas, a energia foi expressa principalmente sob a forma de EMA, visto que nem todos os alimentos têm seu valor de EMV conhecidos (Borges et al., 2003a). A energia líquida (EL) é a energia efetivamente utilizada pelo organismo e pode ser fracionada em energia para manutenção e para produção.

Na determinação da EM é comum fazer a correção dos valores energéticos para o balanço de nitrogênio igual a zero, uma vez que o nitrogênio retido no corpo, se catabolizado, é excretado na forma de compostos que contêm energia, como o ácido úrico (Sibbald, 1982). Hill & Anderson (1958) propuseram um valor de correção de 8,22, que corresponde à quantidade de energia bruta (kcal) obtida pela combustão completa de um grama de nitrogênio urinário na forma de ácido úrico, ou seja, é a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado. Essa constante tornou-se universalmente utilizada, pois cerca de 80% do nitrogênio encontrado na urina das aves está na forma de ácido úrico (NRC, 1994). Dessa forma, é possível obter-se a EMA e a EMV corrigidas para nitrogênio (EMAn e EMVn).

### **2.3 Metodologias para se determinar o valor energético dos alimentos**

Vários métodos têm sido conduzidos na tentativa de obter uma metodologia que melhor estime os valores energéticos dos alimentos para aves. Dentre eles, têm-se os ensaios biológicos (*in vivo*), que representam o método tradicional com pintos e galos (Sibbald & Slinger, 1963), a alimentação precisa (Sibbald, 1976) e o método rápido (Farrel, 1978), e os ensaios não biológicos, que são os métodos *in vitro* e o uso de equações de predição que se baseiam na composição química dos alimentos.

Dos vários métodos utilizados na estimativa da EMA, o tradicional de coleta de excretas com pintos em crescimento (Sibbald & Slinger, 1963) é o mais comum. A característica primária desse método é utilizar uma dieta basal administrada a um grupo de aves controle, na qual uma parte de seu peso é substituída pelo ingrediente a ser utilizado, além do consumo ser *ad libitum*. Segundo Schang (1997), esse procedimento assume que toda variação no resultado da EMA da dieta deve-se ao ingrediente teste, não levando em consideração o nível de inclusão e o valor extracalórico de alguns alimentos. Porém, este método tem recebido algumas críticas, das quais a principal é a não consideração das perdas metabólicas e endógenas. Sabe-se que a energia fecal das aves é composta pela energia dos resíduos do alimento não digerido e da energia metabólica, que consiste da energia proveniente da bile, de descamações das células da parede intestinal e dos sucos digestivos, enquanto a energia da urina é constituída da energia do alimento que não foi retida e da energia endógena resultante de subprodutos nitrogenados dos tecidos que estão em renovação (Nascimento et al., 2002).

Após críticas recebidas na época, Sibbald (1976) desenvolveu o método de alimentação forçada para determinação dos valores de EMV, no qual galos adultos são forçados a ingerir uma quantidade conhecida do alimento teste por meio de um funil-sonda direto no papo. Esta metodologia possui a vantagem de ser rápida e requer pequenas quantidades do alimento a ser testado. No entanto, apresenta algumas desvantagens pelo fato de impor um período de jejum para o esvaziamento do trato digestivo, ocasionando um estado fisiológico anormal ao animal. A principal crítica é que, nesta técnica, presume-se que as frações endógena e metabólica que compõem as excretas das aves alimentadas sejam as mesmas que a das aves em jejum. Além disso, sabe-se que a baixa quantidade de alimento torna mais expressivos os valores de energia fecal metabólica e de energia urinária endógena (Borges et al., 1998).

Farrel, em 1978, desenvolveu um método rápido para a determinação da EMA utilizando galos adultos treinados para consumir de 70 a 100g de ração peletizada (50% de ração referência e 50% do alimento), em um período de uma hora, coletando as excretas após 48 horas. Dentre os problemas relacionados com esta técnica, Schang & Hamilton (1982) constataram que muitas aves não conseguem ser treinadas a ingerir, em uma hora, a quantidade de alimento necessária para atender às suas exigências nutricionais, ocasionando alta variabilidade nos resultados.

O grande problema dessas técnicas é que elas são onerosas, tanto na prática quanto economicamente, e a EMA e a EMV dos alimentos podem variar, principalmente em função da composição química dos alimentos. Por isso, se justifica o uso de tabelas de composição química dos alimentos para a formulação de rações para animais.

Atualmente, o uso de equações de predição, as quais se baseiam na composição química dos alimentos, está ganhando cada vez mais espaço em função de sua grande aplicabilidade. Por meio desta técnica, conhecendo-se apenas a composição bromatológica dos alimentos determinada em laboratório, é possível prever tanto a EMA como a EMV, ambas corrigidas para nitrogênio.

Sem dúvida, de acordo com Albino & Silva (1996), o uso das equações pode ser útil para aumentar a precisão na formulação de rações, corrigindo a energia dos alimentos em função da variação na sua composição. Como a determinação de valores energéticos dos alimentos é dependente de bombas calorimétricas e de uma metodologia específica com animais, o uso de equações de predição pode ser de grande valia.

## **2.4 Fatores que interferem nos valores de energia metabolizável**

Existe uma série de fatores que podem interferir na determinação dos valores de EM dos ingredientes, como balanço de nitrogênio (BN), composição química dos alimentos, consumo, tipo de processamento, idade das aves e nível de substituição da ração referência, entre outros.

Nunes et al. (2008) relataram que os valores de energia devem ser corrigidos pelo BN, pois, durante um ensaio metabólico, é impossível assegurar que todas as aves apresentem a mesma taxa de crescimento. O nitrogênio retido como tecido, se catabolizado, contribuirá para as perdas de energia urinária endógena, portanto, variações na retenção de nitrogênio contribuem para variações nos valores de EMA.

O método de determinação da EMAn pode afetar o BN. Segundo Borges et al. (2003a), como a quantidade de excreta obtida em ensaios de metodologia tradicional é maior, a porcentagem de N na excreta é menor, se comparada ao método de alimentação forçada. Assim, maiores valores positivos de BN são encontrados com o método tradicional de coleta total de excretas.

Segundo Sibbald (1982), na fase de crescimento, as aves utilizam os aminoácidos da ração para formação e deposição proteica, enquanto que, nas aves adultas, a deposição proteica é pequena e elas excretam o excesso de nitrogênio na forma de compostos nitrogenados, principalmente na forma de ácido úrico. Com isso, os valores de EM devem ser corrigidos para a retenção de nitrogênio dos ingredientes, igualando-os entre aves jovens e adultas.

A concentração de nutrientes dos alimentos também afeta os teores de energia. Alimentos com alta quantidade de lipídeos ou carboidratos apresentam maiores valores de energia metabolizável que aqueles ricos em proteína ou fibra. Longe & Tona (1988) encontraram valores de EMV (com base na matéria seca) variando de 3.000 a 3.110 kcal/kg para concentrados de origem animal (farinha de sangue e farinha de peixe), de 3.450 a 3.680 kcal/kg para tubérculos (batata e



mandioca), de 3.800 a 4.000 kcal/kg para cereais (milho e sorgo) e de 8.280 a 8.850 kcal/kg para óleos vegetais (óleo de palma e óleo de coco). Vieira et al. (2007), analisando os valores energéticos de 45 híbridos de milho para o uso em dietas para frangos de corte, verificaram que a EMAn variou de 3.405 a 4.013 kcal/kg de MS. Em estudo conduzido por Wang & Parsons (1998), avaliando EM de milhos com níveis crescentes de extrato etéreo (5,9% a 6,6% e 9,5% na MS), verificou-se um aumento nos valores de EMVn com o aumento de óleo no milho.

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) presentes na fibra dos grãos agem no trato gastrointestinal, tornando inacessíveis os nutrientes que se encontram no interior das células e impedem o acesso de enzimas (endógenas) necessárias para a sua degradação, e provocam gelatinizações que dificultam a digestão e reduzem a absorção dos nutrientes. Essa formação de gel gera uma grande viscosidade do bolo alimentar, diminuindo o trânsito da digesta no estômago, exercendo efeito negativo sobre o consumo de ração (Borges, 1997).

Generoso (2006) também relata que o teor de matéria mineral nos alimentos influencia os valores de EM. Nunes et al. (2005) verificaram que duas amostras de farinha de carne e ossos apresentaram valores distintos de EMAn (2.307 e 1.488 kcal/kg de MN), com diferentes teores de matéria mineral (25,54% e 29,59%, na MN), respectivamente. Segundo estes autores, o fato de uma das amostras de farinha de carne e ossos ter apresentado alto conteúdo de matéria mineral provavelmente contribuiu para o seu baixo conteúdo energético.

O consumo de alimento também está diretamente relacionado com a determinação do conteúdo energético, pois, quando há redução do consumo, os valores de EMA são subestimados (Albino, 1991). Em estudo conduzido por Borges et al. (2004), com o objetivo de avaliar o efeito do consumo de alimento (25 e 50g) pelo método de alimentação forçada sobre os valores de energia do trigo e alguns de seus subprodutos, verificaram que os valores de EMA e EMAn

foram superiores com o maior consumo. Estes autores argumentaram que, quando o consumo é alto, a influência das perdas endógenas é menor e, por outro lado, quando o consumo é baixo, as perdas endógenas podem reduzir a EMA.

O processamento pelo qual os alimentos podem ser submetidos interfere na digestibilidade de seus nutrientes, podendo alterar o seu valor energético. Alguns processamentos, como extrusão, micronização e cozimento, têm sido utilizados com o objetivo de modificar a estrutura inicial das moléculas dos nutrientes, proporcionando melhor atuação dos complexos enzimáticos e no processo de digestão (Moreira et al., 2001).

Café et al. (2000) observaram que a soja extrusada apresentou valores de EM superiores aos encontrados para a soja tostada pelo vapor e para o farelo de soja com adição de óleo. Resultados semelhantes também foram encontrados por Sakomura et al. (2004). Carvalho et al. (2004), trabalhando com milhos de diferentes temperaturas de secagem (80°, 100° e 120°C), verificaram que a secagem dos grãos a altas temperaturas influenciou os valores de EM, mas não alterou a composição química e o valor de EB. Brugalli et al. (1999) avaliaram diferentes granulometrias da farinha de carne e ossos e observaram que partículas grossas apresentaram menores valores de EMA e EMAn do que partículas finas e médias.

A idade da ave também é fator de importância para se determinar a EMA, pois, com o avançar da idade, ocorrem mudanças nas atividades enzimáticas, bem como modificações na taxa de passagem da digesta no trato digestivo (Nery, 2005). De acordo com Brumano et al. (2006), aves mais jovens têm menor capacidade de digestão e absorção dos nutrientes, uma vez que o sistema digestivo ainda se encontra em desenvolvimento, enquanto as mais velhas apresentam sistema digestivo de maior tamanho e plenamente desenvolvido, possibilitando maior permanência do alimento em contato com as

enzimas e secreções gástricas, ocasionando melhor aproveitamento dos alimentos. Em contrapartida, Penz Júnior et al. (1999) relatam que os valores de EMA, quando corrigidos pelo BN no método tradicional, independente da ave utilizada, tendem a ser similares.

De acordo com os resultados obtidos por Sakomura et al. (2004), os valores de EMA foram menores na primeira semana de vida das aves, em função da dependência da produção de enzimas digestivas. Para Schutte (1998), aves jovens apresentam baixa atividade da lipase e pequena concentração de ácidos biliares, sendo esses fatores limitantes na digestibilidade das gorduras. O teor de fibra no alimento também pode afetar os resultados, pelo fato de aves mais velhas possuírem maior atividade microbiana no ceco (Fischer & McNab, 1987). Segundo Batal & Parsons (2002), aves mais jovens são menos eficientes na utilização dos nutrientes dos alimentos, especialmente até os sete ou dez dias pós-eclosão e, a partir dos quatorze dias de idade, já são capazes de utilizar eficazmente a energia das dietas. Kato (2005), trabalhando com diferentes milhos e farelo de soja, concluiu que aves com idade de 21 a 42 dias, têm a mesma capacidade de aproveitamento do conteúdo energético dos ingredientes.

De acordo com D'Agostini (2001), o sexo das aves também pode influenciar os valores de EM, embora Parsons et al. (1982) não tenham observado diferenças significativas nos valores de EM determinados com machos e fêmeas, quando os valores das excretas foram corrigidos pelo BN. Nascif et al. (2004) encontraram valores de EMA e EMAn de alguns tipos de óleos e gorduras maiores para pintos de corte machos em relação às fêmeas, tendo os valores encontrados para fêmeas sido equivalente a 98% dos encontrados para os machos.

Outro fator de grande relevância na determinação da EMA é o nível de inclusão do alimento teste à ração referência. No método tradicional para a determinação dos valores de EMA, os níveis de substituição dos ingredientes de

origem vegetal e animal nas rações referência geralmente variam de 20% a 40%. Nascimento et al. (2005) verificaram que, com o aumento dos níveis de substituição (5%, 10%, 20%, 30% e 40%) da ração referência por farinha de vísceras e de penas, ocorreu diminuição do valor energético destes alimentos. Já Brunelli et al. (2006), utilizando diferentes níveis de substituição, não observaram diferenças nos valores de EMAn do farelo de gérmen de milho desengordurado.

### **2.5 Estimativa dos valores de energia metabolizável por meio de equações de predição**

Há vários anos, a possibilidade de utilizar equações para estimar os valores energéticos dos alimentos tem sido alvo de pesquisas. Vários pesquisadores têm obtido equações para estimar a EM por meio de sua composição proximal (Rodrigues et al., 2001; Ost et al., 2005; Zhao et al., 2008). Isso se deve, principalmente, à dificuldade de se avaliar a disponibilidade de energia e à importância de se conhecer o conteúdo energético dos alimentos. Conforme relatado por Rostagno (1990), a determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica que nem sempre está disponível para as indústrias e as estações de pesquisa. Portanto, o uso das equações de predição considerando a composição química dos alimentos é considerado de grande valia.

Atualmente, apesar do grande esforço em buscar equações de predição, nem toda tentativa de relacionar composição química e energia tem sido obtida com sucesso. Muitas equações aparentemente bem ajustadas aos dados originais, às vezes não respondem satisfatoriamente, quando testadas com dados independentes.

Fundamentado na composição química ou nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (gordura, proteína bruta e extratos não

nitrogenados), com dados oriundos de vários experimentos na Europa, Janssen (1989) elaborou a Tabela Europeia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves, na qual é apresentada uma série de equações de predição dos valores de EMAn para vários grupos de alimentos. Entretanto, o autor ressalta que, para alimentos cuja composição química varia muito além da média apresentada, as equações podem levar à predição de resultados diferentes.

De acordo com Sakomura & Silva (1998), os conteúdos em nutrientes de vários cereais encontrados nas tabelas de composição de alimentos não são confiáveis para a formulação de rações, sendo a variedade de cultivares o principal fator que determina essa diversidade de valores. Borges et al. (2003b) relatam que, diante de tantas variações nos valores energéticos, não é seguro para as indústrias utilizarem os valores de tabela e seria extremamente oneroso e difícil submeter todas as partidas de matéria-prima a ensaios *in vivo*, e estas mesmas indústrias podem obter, com relativa facilidade, determinações químicas, como teores de proteína bruta, fibra, extrato etéreo, entre outras.

Silva (1978) estimou equações de predição avaliando a composição química e os valores de energia metabolizável determinados de vários alimentos. O mesmo autor observou que as equações são mais bem estimadas quando os valores de fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral são inclusos na estimativa.

Por outro lado, Nunes et al. (2001), trabalhando com grão de trigo e alguns subprodutos, obtiveram equações para predizer o conteúdo energético (EMA e EMAn) destes alimentos, observando que a equação composta pela proteína bruta e fibra em detergente neutro foi a que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMAn. Os autores ainda ressaltam que o uso de equações com duas a quatro variáveis pode oferecer maior facilidade, já que estas necessitam de menor número de análises laboratoriais. Ost et al. (2005) também relataram que equações contendo de uma a seis variáveis tiveram a

mesma capacidade de prever os valores de EMVn de sojas integrais e farelos de soja.

Borges et al. (2003b), trabalhando com equações para estimar valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) de trigo e seus subprodutos, observaram que a FB foi a variável que melhor se relacionou (negativamente) com os valores de energia metabolizável. Segundo os mesmos pesquisadores, esse resultado já era esperado, pois, segundo Carré et al. (1984), a parede celular dos alimentos é considerada um diluidor da energia metabolizável dos alimentos. Entretanto, observaram que o valor de FB isolado não foi suficiente para uma boa estimativa dos valores energéticos ( $R^2$  abaixo de 0,80).

Em trabalho desenvolvido por Dolz & De Blas (1992), as melhores previsões para alimentos de origem animal foram obtidas quando foram utilizadas duas variáveis (proteína bruta e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por explicar mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn para a farinha de carne e ossos.

Em trabalhos conduzidos por Rodrigues (2000), foi determinada a energia metabolizável (aparente e verdadeira) de dezenove alimentos (híbridos de milho, subprodutos do milho, milho e derivados de soja) utilizando o método tradicional de coleta de excretas com pintos e o de alimentação forçada com galos adultos. A partir dos resultados obtidos, foram ajustadas equações para prever os valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, em função da composição dos alimentos. As equações com duas a quatro variáveis fizeram boas previsões dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja utilizados no experimento, explicando mais de 91% das variações nos valores de EMAn e EMVn obtidos com pintos e galos, respectivamente. Posteriormente, Nagata et al. (2004), utilizando as mesmas equações obtidas para alimentos energéticos, e Zonta et al. (2004), trabalhando com equações para alimentos proteicos, mostraram certa viabilidade da

aplicação de equações para predizer o conteúdo energético desses alimentos. Porém, em alguns casos, equações específicas para um determinado alimento não apresentaram bons ajustes dos valores energéticos, necessitando, portanto, de maiores estudos.

Tais resultados apontaram a necessidade de se trabalhar com equações distintas para cada alimento ou para grupos de alimentos semelhantes. Além disso, fatores como a idade das aves utilizadas na obtenção das equações de predição, o sexo e a metodologia empregada podem interferir no valor energético dos alimentos.

Assim, a utilização de uma técnica capaz de estabelecer tais equações considerando estes fatores seria de fundamental importância. Recentemente, Nascimento (2007) estabeleceu equações de predição de valores energéticos de alimentos empregados na formulação de rações para aves, utilizando o princípio da meta-análise. A aplicação dessas equações pode viabilizar o uso das mesmas para predizer valores energéticos de alimentos utilizados para aves nas diferentes fases fisiológicas do crescimento e criadas em diversas condições de ambiente.

## **2.6 Meta-análise**

A meta-análise pode ser definida como um procedimento estatístico que consiste de uma revisão quantitativa e resumida de resultados de estudos distintos, mas relacionados entre si (Glass, 1976). De acordo com Fagard et al. (1996), os métodos estatísticos empregados na meta-análise asseguram a obtenção de uma resposta combinada e precisa, uma vez que há grande número de observações e, conseqüentemente, da confiabilidade estatística. Este mesmo autor ainda ressalta que, com o uso da meta-análise, existe a possibilidade de examinar a variabilidade dos estudos e realizar uma análise considerando-se subgrupos utilizando meios que possibilitem responder a questões que não

podem ser levantadas de início, aos estudos individuais, além de generalizar as conclusões para um conjunto de estudos.

Como os resultados de trabalhos distintos são analisados em conjunto, nesta análise são considerados os efeitos de diferentes fatores que interferem na variabilidade dos resultados, tais como época do ano e local de execução do experimento, idade e sexo dos animais utilizados, número de repetições e metodologia utilizada na determinação da variável resposta, dentre outros. Giannotti (2004) cita que um dos pontos mais importantes da meta-análise é essa variabilidade existente entre os estudos.

O interesse em encontrar uma forma de resumir resultados de vários trabalhos se dá, principalmente, devido ao grande número de artigos científicos publicados nas diversas áreas da pesquisa, trazendo, em algumas situações, resultados contraditórios, mesmo trabalhando em um mesmo assunto. Além disso, pode-se comprovar a importância e a eficiência da meta-análise ao se verificar o crescimento na sua utilização nos últimos anos, o que é demonstrado pelo aumento no número de publicações, principalmente internacionais.

A aplicação da meta-análise na área animal tem aumentado nos últimos anos, apesar de ainda ser pouco utilizada, principalmente em estudos de nutrição. Segundo Lovatto et al. (2007), este tema foi considerado como nova metodologia na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, que é um dos congressos nacionais mais importantes da área.

No meio científico, é crescente o número de artigos similares conduzidos e publicados nas diversas áreas do conhecimento, gerando interesse, muitas vezes, de realizar síntese desses resultados (Fagard et al., 1996). Desse modo, a aplicação da meta-análise tem aumentado em vários campos das ciências, tais como agronomia (Olkin & Shaw, 1995), ciências sociais (Glass, 1976), ecologia (Gurevitch & Hedges, 1993), medicina (Canner, 1987) e, recentemente, tem sido utilizada também na área animal, incluindo diversas espécies, assim como aves



(Hooge, 2004; Nascimento, 2007; Sauer et al., 2008), ovinos (Prankel et al., 2004), gatos (Sauvant & Mertens, 2006) e suínos (Sanchez et al., 2007), além de melhoramento animal (Giannotti et al., 2005).

Existem, à disposição na literatura, diversos trabalhos de pesquisa, nos quais se estabeleceram equações de predições para os valores energéticos de uma série de alimentos. Porém, os resultados obtidos, utilizando-se essas equações, não têm sido satisfatórios. Assim, uma boa alternativa é utilizar a meta-análise para apresentar, de forma resumida e mais precisa, os vários resultados obtidos.

Em zootecnia, especialmente na nutrição animal, a utilização da meta-análise para a obtenção de equações de predição da energia metabolizável de alimentos é uma novidade. Portanto, com a obtenção das equações de predição de forma mais precisa, por Nascimento (2007), utilizando o princípio da meta-análise, é fundamental que se realize a validação dos resultados obtidos por meio de ensaios de digestibilidade por comparação com os obtidos pelas equações, buscando-se avaliar sua confiabilidade na estimativa dos valores energéticos dos alimentos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios metabólicos para determinar o valor energético de alimentos proteicos (ensaio I) e energéticos (ensaio II), com pintos em crescimento (método tradicional de coleta total de excretas), respectivamente em fevereiro/março e julho de 2008. O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, MG, à altitude de 910 m, nas coordenadas 24°14' de latitude Sul e 45°00' de longitude Oeste.

As aves foram criadas em um galpão de alvenaria sobre piso com cama de maravalha até os 14 dias de idade, período no qual receberam uma ração inicial de frangos de corte, com milho e farelo de soja como ingredientes básicos, formulada de acordo com as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2005). Posteriormente, as aves foram pesadas, homogeneizadas pelo peso e transferidas para uma sala de metabolismo com ambiente controlado por dispositivo digital de controle de temperatura, recebendo luz artificial por 24 horas. Nesse período, as aves receberam a ração referência nos ensaios de metabolismo I e II (Tabela 1).

As aves foram distribuídas aleatoriamente em gaiolas metabólicas (50 cm de largura, 50 cm de profundidade e 50 cm de altura e equipada com um comedouro do tipo calha, um bebedouro tipo pressão e uma bandeja de alumínio sob o piso), onde receberam as rações experimentais com os alimentos a serem testados, durante 10 dias. Foram considerados sete dias para adaptação às gaiolas e à alimentação (período pré-experimental) e três dias para a coleta total de excretas, considerado suficiente e confiável segundo Rodrigues et al. (2005).

TABELA 1 Composição centesimal e calculada da ração referência utilizada nos experimentos I e II

<b>INGREDIENTES</b>	<b>(%)</b>
Milho	60,98
Farelo de soja	33,40
Óleo de soja	2,00
Fosfato bicálcico	1,80
Calcário calcítico	0,85
Sal	0,40
DL-metionina (99%)	0,25
L-lisina HCL (78%)	0,20
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,05
Premix mineral <sup>2</sup>	0,05
Anticoccidiano <sup>3</sup>	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>
Composição calculada*	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2991
Proteína bruta %	20,20
Metionina + cistina %	0,82
Metionina %	0,54
Lisina digestível %	1,13
Cálcio %	0,88
Fósforo disponível %	0,44
Sódio %	0,16

<sup>1</sup> Composição por kg do produto: Vit. A - 12.000.000 UI; Vit. D<sub>3</sub> - 2.200.000 UI; Vit E - 30.000 UI; Vit B<sub>1</sub> - 2,2 g; Vit B<sub>2</sub> - 6,0 g; Vit B<sub>6</sub> - 3,3 g; Vit B<sub>12</sub> - 0,016 g; ácido nicotínico - 53,0 g; ácido pantotênico - 13,0 g; Vit. K<sub>3</sub> - 2,5 g; ácido fólico - 1,0 g; antioxidante - 120,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

<sup>2</sup> Composição por kg do produto: manganês - 75 g; ferro - 20 g; zinco - 50 g; cobre - 4 g; cobalto - 0,2 g; iodo - 1,5 g; selênio - 0,25 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

<sup>3</sup> Salinomicina 12%

\* Composição calculada de acordo com Rostagno et al. (2005)

### **3.1 Ensaio de metabolismo I – Determinação dos valores energéticos de alimentos proteicos**

Para a determinação dos valores de energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio retido (EMAn) dos alimentos proteicos, foi conduzido um ensaio metabólico com pintos em crescimento, com 15 a 25 dias de idade, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

Aos 15 dias de idade, 300 pintos machos da linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, com peso de  $465 \pm 2,1$ g, foram distribuídos aleatoriamente nas gaiolas, onde receberam as rações experimentais com nove alimentos e uma ração referência. Os alimentos foram avaliados pelo método de substituição com base na matéria natural, em que se substituiu uma fração da ração referência pelo ingrediente a ser avaliado, conforme descrição de Matterson et al. (1965). Devido ao teor de proteína, o nível de substituição da ração referência pelos alimentos proteicos foi de 30%. Foi determinada a EMAn de cada alimento testado e da ração referência em seis repetições de cinco aves em cada parcela. Os alimentos testados foram quatro amostras de farelos de soja de diferentes marcas comerciais, farelo de soja semi-integral, soja integral extrusada, proteína texturizada de soja, farelo integral de soja micronizada e protenose.

As rações experimentais foram fornecidas à vontade, durante todo o período em que as aves permaneceram nas gaiolas, sendo os comedouros supridos de ração três vezes ao dia, para evitar desperdício. A coleta foi realizada uma vez ao dia, iniciando-se sempre às oito horas da manhã. No período de coleta (23<sup>o</sup> ao 25<sup>o</sup> dia de idade), as bandejas foram previamente revestidas com plástico para evitar perdas de excretas. As rações e as sobras foram pesadas e registradas, respectivamente, no início e no final do período experimental para a determinação do consumo de cada parcela durante a fase experimental. As excretas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenadas em freezer, à temperatura de -5°C, até

o final do período de coleta, quando foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Em seguida, foram retiradas alíquotas de 400 gramas para as análises laboratoriais posteriores. Estas amostras foram submetidas a uma pré-secagem em estufa de ventilação forçada (55°C), durante 72 horas. Posteriormente, foram novamente pesadas para a determinação da matéria seca a 55°C e moídas em moinho “tipo faca”, com peneira de 1,0 mm e, então, encaminhadas ao laboratório para a determinação dos teores de matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio (N), assim como a amostra da ração referência, seguindo as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio:

$$\text{EMAn da RT ou RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \cdot \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMAn do alimento} = \text{EMAn}_{\text{RR}} + \frac{\text{EMAn}_{\text{RT}} - \text{EMAn}_{\text{RR}}}{\text{g/g de substituição}}$$

em que:

RT = ração teste;

RR = ração referência;

EB = energia bruta;

BN = balanço de nitrogênio (N ingerido - N excretado);

MS = matéria seca.

Para cada alimento, foram determinados os valores de EB, MS, PB, N, extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibras em detergente ácido (FDA) e neutro (FDN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P), conforme as técnicas descritas por Silva & Queiroz (2002). Os valores de energia bruta das rações, das excretas e dos alimentos foram determinados em bomba calorimétrica

modelo Parr-1261 e o nitrogênio pelo método de Kjeldahl, sendo as análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO da UFLA.

### **3.2 Ensaio de metabolismo II – Determinação da energia metabolizável de alimentos energéticos**

Para a determinação dos valores de EMAn dos alimentos energéticos foram utilizados 300 pintos machos da linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, com 15 dias de idade e peso de 396±2,6g, que receberam as rações experimentais com nove alimentos mais a ração referência apresentada anteriormente (Tabela 1), na qual, por se tratar de alimentos energéticos e de baixo teor de PB, os alimentos substituíram em 40%. Foi determinada a EMAn de cada alimento testado e da ração referência em seis repetições de cinco aves cada, conforme descrito anteriormente. Os alimentos testados foram dois híbridos de milho, milho pré-gelatinizado, dois híbridos de sorgo, quirera de milho, farelo de trigo, farelo integral e quirera de arroz.

Todo o procedimento experimental adotado, bem como as análises químicas, seguiu o descrito no ensaio de metabolismo I.

### **3.3 Determinação dos valores energéticos por meio de equações de predição**

Os valores da composição centesimal dos alimentos determinados em laboratório foram utilizados para predizer os valores de EMAn (kcal/kg de MS) por meio das equações propostas por Nascimento (2007), estabelecidas pelo princípio da meta-análise. As equações utilizadas foram:

(i) específica para determinar os valores energéticos de alimentos proteicos:

$$\text{EMAn} = 2707,71 + 58,63\text{EE} - 16,06\text{FDN};$$

(ii) específicas para alimentos energéticos:

$$\text{EMAn} = 4371,18 - 26,48\text{PB} + 30,65\text{EE} - 126,93\text{MM} - 52,26\text{FB} - 25,14\text{FDN} + 24,40\text{FDA} \text{ e}$$

$$\text{EMAn} = 4205,23 + 30,58\text{EE} - 130,35\text{MM} - 58,29\text{FB} - 28,31\text{FDN} + 16,71\text{FDA};$$

(iii) Equações gerais para alimentos concentrados proteicos e energéticos:

$$\text{EMAn} = 4101,33 + 56,28\text{EE} - 232,97\text{MM} - 24,86\text{FDN} + 10,42\text{FDA} \text{ e}$$

$$\text{EMAn} = 4095,41 + 56,84\text{EE} - 225,26\text{MM} - 22,24\text{FDN}$$

O procedimento de validação dos parâmetros avaliados foi realizado por meio do ajuste de modelo de regressão linear simples (modelo completo) dos valores observados sobre os valores preditos, segundo Detmann et al. (2005). As estimativas dos parâmetros de regressão foram testadas sob as hipóteses:

$$H_0: \beta_0 = 0 \qquad H_0: \beta_1 = 1$$

$$H_a: \beta_0 \neq 0 \qquad H_a: \beta_1 \neq 1$$

Em caso de não-rejeição de ambas as hipóteses de nulidade, optou-se pela similaridade entre valores preditos e observados. Em situação contrária, nova equação de regressão foi traçada, suprimindo-se o parâmetro relativo ao intercepto (modelo reduzido), estimando-se o vício global das estimativas como:

$$B = (\beta - 1) \times 100$$

em que: B = vício global das estimativas (%) e  $\beta$  = estimativa do coeficiente angular da equação ajustada sem a consideração do parâmetro intercepto (modelo reduzido).

Para todos os procedimentos estatísticos empregados, adotou-se  $\alpha = 0,05$ . Toda análise estatística foi realizada utilizando-se o programa estatístico SAS (2004).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Composição química dos alimentos**

Os valores de composição química e de energia bruta dos alimentos utilizados nos experimentos I e II são apresentados, respectivamente, nas Tabelas 2 e 3. De maneira geral, os alimentos apresentaram diferentes valores em suas composições químicas, quando comparados aos encontrados nas tabelas de literaturas nacionais (Embrapa, 1991; Rostagno et al., 2005) e internacionais (NRC, 1994; Lesson & Summers, 1997; Batal & Dale, 2009). Além disso, observaram-se também variações na composição química desses alimentos, em comparação a outros encontrados na literatura (Brumano et al., 2006; Vieira et al., 2007; Generoso et al., 2008; Calderano, 2008; Mello et al., 2009). Porém, conforme bem conhecido, fatores como fertilidade do solo, condições de plantio e adubação, clima, genética dos cultivares, armazenamento e processamento dos grãos, principalmente no caso de subprodutos, podem levar a essas variações. Isso evidencia a importância e a necessidade de que valores de composição dos alimentos sejam revisados periodicamente.



TABELA 2 Composição química e energética dos alimentos proteicos, expressos na matéria seca<sup>1</sup>

Alimento	Composição									
	MS (%)	EB (kcal/kg)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)
Farelo de soja 1	87,63	4334	47,16	1,37	7,58	16,46	9,74	6,61	0,31	0,61
Farelo de soja 2	88,20	4399	49,32	1,96	5,16	15,36	8,80	6,68	0,31	0,72
Farelo de soja 3	89,14	4340	47,43	1,95	5,02	14,95	9,20	6,47	0,30	0,70
Farelo de soja 4	88,70	4319	47,94	1,98	5,66	14,91	9,43	6,19	0,30	0,67
Farelo de soja semi-integral	90,76	4611	42,62	10,24	8,97	15,64	10,11	5,74	0,33	0,66
Soja integral extrusada	91,07	5233	35,96	21,25	7,20	15,77	10,28	5,45	0,31	0,55
Proteína texturizada	93,06	4436	53,31	0,75	1,17	4,15	2,44	5,76	0,16	0,84
Soja integral micronizada	93,92	5507	39,85	25,85	1,38	19,87	5,56	5,35	0,24	0,62
Protenose	89,93	5376	68,70	3,41	1,33	6,48	10,57	1,62	0,06	0,30
Média	90,27	4728	48,03	7,64	4,83	13,73	8,46	5,54	0,26	0,63
Mínimo	87,63	4319	35,96	0,75	1,17	4,15	2,44	1,62	0,06	0,30
Máximo	93,92	5507	68,70	25,85	8,97	19,87	10,57	6,68	0,33	0,84

<sup>1</sup>Matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P)

TABELA 3 Composição química e energética dos alimentos energéticos, expressos na matéria seca<sup>1</sup>

Alimento	Composição									
	MS (%)	EB (kcal/kg)	PB (%)	EE (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)
Milho 1	87,53	4228	9,54	4,11	1,73	14,91	5,80	1,21	0,05	0,29
Milho 2	86,22	4665	10,37	4,40	1,35	12,94	7,19	1,40	0,05	0,30
Sorgo 1	86,72	4209	11,35	3,32	2,77	15,65	6,42	1,77	0,04	0,32
Sorgo 2	87,83	4181	10,18	3,34	2,80	14,10	6,11	1,82	0,07	0,37
Quirera de arroz	85,92	4447	9,70	0,97	0,38	3,53	5,07	1,07	0,12	0,16
Farelo de arroz integral	88,53	4657	14,12	19,74	8,89	21,35	16,12	10,43	0,12	2,36
Milho pré-cozido	87,91	4254	9,15	2,00	2,11	11,75	1,28	1,17	0,06	0,23
Farelo de trigo	86,57	4603	18,52	4,90	9,46	46,97	13,00	5,94	0,13	1,18
Quirera de milho	85,68	4274	9,41	4,88	3,03	12,95	6,05	1,56	0,08	0,27
Média	86,99	4390	11,37	5,30	3,61	17,13	7,45	2,93	0,08	0,61
Mínimo	85,68	4181	9,15	0,97	0,38	3,53	1,28	1,07	0,04	0,16
Máximo	88,53	4665	18,52	19,74	9,46	46,97	16,12	10,43	0,13	2,36

<sup>1</sup>Matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), cálcio (Ca) e fósforo (P)

#### 4.2 Valores energéticos determinados com pintos em crescimento

Os valores encontrados de EMA e de EMAn dos alimentos proteicos e energéticos determinados com pintos em crescimento por meio da coleta total de excretas e seus respectivos desvios padrões encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente. Ocorreu variação nos valores de EMA e EMAn entre os alimentos, o que, provavelmente, deve-se às variações encontradas na composição química.

TABELA 4 Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio retido (EMAn) dos alimentos proteicos, determinados com pintos em crescimento (23 a 25 dias de idade), e seus respectivos erros padrões

Alimento	EMA <sup>1</sup> (EP)	EMAn <sup>1</sup> (EP)
Farelo de soja 1	2719 (53)	2326 (54)
Farelo de soja 2	2784 (68)	2355 (68)
Farelo de soja 3	2755 (50)	2396 (46)
Farelo de soja 4	2901 (42)	2478 (38)
Farelo de soja semi-integral	3496 (65)	3159 (65)
Soja integral extrusada	3953 (44)	3779 (44)
Proteína texturizada	3239 (50)	2809 (50)
Soja integral micronizada	4129 (68)	3772 (64)
Protenose	4381 (94)	3934 (89)

<sup>1</sup>Valores expressos em kcal/kg de MS

TABELA 5 Valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para nitrogênio retido (EMAn) dos alimentos energéticos, determinados com pintos em crescimento (23 a 25 dias de idade), e seus respectivos erros padrões

Alimento	EMA <sup>1</sup> (EP)	EMAn <sup>1</sup> (EP)
Milho 1	3791 (38)	3699 (37)
Milho 2	3898 (42)	3813 (42)
Sorgo 1	3609 (51)	3529 (50)
Sorgo 2	3686 (25)	3598 (26)
Quirera de arroz	3914 (44)	3862 (44)
Farelo de arroz integral	2803 (45)	2682 (44)
Milho pré-cozido	3708 (65)	3624 (62)
Farelo de trigo	2054 (29)	1941 (28)
Quirera de milho	3760 (51)	3676 (49)

<sup>1</sup>Valores expressos em kcal/kg de MS

Os valores de EMA foram, em média, 372 e 89 kcal/kg de MS superiores em relação à EMAn para alimentos proteicos e energéticos, respectivamente, sendo observada redução de 11% e 2,56%, quando se corrige para o balanço de nitrogênio. Esse valor de redução para alimentos energéticos se mostra próximo ao encontrado por Rodrigues et al. (2001), que foi de 2,01% em média, valores estes encontrados para milho e subprodutos e milheto. Já Albino et al. (1992b), trabalhando com alimentos proteicos e energéticos, observaram um percentual de 6,4%. A diferença observada entre EMA e EMAn é normal, visto que os valores de EM foram determinados com aves em crescimento e, nessa fase, ocorre maior retenção de nitrogênio para que haja deposição de tecido proteico. Segundo Wolynetz & Sibbald (1984), em condições de consumo à vontade, os valores de EMA são superiores aos de EMAn, quando a retenção de nitrogênio é positiva. Como, no presente trabalho, as aves consumiram ração à vontade, o valor de nitrogênio retido foi maior que zero e, conseqüentemente, a EMA superou os valores de EMAn. De acordo com

Lesson & Summers (2001), é necessário corrigir os valores determinados de energia pelo balanço de nitrogênio, pois, durante um ensaio de metabolismo, é impossível assegurar que todas as aves apresentem a mesma taxa de crescimento.

Os alimentos proteicos tiveram seus valores de EMAn variando de 2.326 a 3.934 kcal/kg de MS. A EMAn das amostras de farelo de soja 1, 2, 3 e 4 variou de 2.326 a 2.478 kcal/kg de MS. As amostras de farelos de soja apresentaram, em média, 2.389 kcal de EMAn/kg de MS, valor semelhante ao encontrado por Rodrigues et al. (2002), que foi de 2.404 kcal/kg e por Calderano (2008), de 2.445 kcal/kg.

Observou-se diferença expressiva (aproximadamente 614 kcal de EMAn/kg de MS) do valor energético do farelo de soja semi-integral (3.159 kcal de EMAn/kg de MS) em comparação às sojas integral extrusada e integral micronizada, com valores de 3.779 e 3.772 kcal/kg de MS para EMAn, respectivamente. Isso era de se esperar, pelo fato de a soja integral possuir valores energéticos superiores aos do farelo de soja semi-integral, devido ao processamento, uma vez que, nas sojas integrais, não foi efetuada a retirada do óleo. Sendo assim, foram observados valores de extrato etéreo bem superiores ao do farelo de soja semi-integral, o que reflete no maior valor energético.

Os valores de EMAn da soja micronizada estão coerentes com os apresentados por Ost et al. (2005) e Calderano (2008), de 3.813 e 3.877 kcal/kg de MS, respectivamente, porém inferior aos encontrados por Café et al. (1993), Rodrigues et al. (2002) e Zonta et al. (2004), de 4.305, 4.104 e 4.296 kcal/kg de MS, respectivamente. Café et al. (1993) afirmam que as diferenças encontradas entre os valores de EMAn das sojas integrais processadas são decorrentes das diferentes condições de processamento a que as sojas são submetidas, já que para o mesmo tipo de processamento não existe padronização das condições de temperatura, umidade, tempo e pressão. Isso foi comprovado pelo estudo de

Moreira et al. (1994) que, trabalhando com três tipos de soja integral extrusada, verificaram variação na energia bruta (5.403, 4.881 e 5.252 kcal/kg).

De todas as amostras de alimentos proteicos estudadas no presente trabalho, a soja micronizada apresentou maior conteúdo em energia bruta (5.507 kcal/kg de MS) e baixo teor de fibra bruta (1,38% na MS). Estes fatos podem ter contribuído para esta alta energia metabolizável e já era de se esperar que este alimento apresentasse maior EMA do que a soja extrusada. Isso porque, durante o processo de micronização, a soja passa por um processo de limpeza, no qual os grãos são destituídos da casca, melhorando a digestibilidade aliada à menor granulometria em relação à extrusada, o que possibilita maior exposição dos nutrientes às enzimas digestivas (Sakomura, 1996). Porém, os valores de EMAn entre as sojas integral micronizada e extrusada foram similares. Nesse caso, o teor e a qualidade da proteína do alimento podem influenciar diretamente o balanço de nitrogênio nas aves.

A proteína texturizada de soja apresentou valor de EMAn 17,59% superior à média daqueles observados para as amostras de farelo de soja e teor de extrato etéreo e fibra bruta bem menor (59% e 80%, respectivamente). O valor de EMAn determinado para este alimento foi similar ao encontrado por Rodrigues et al. (2002), que observaram diferença de 17,80% do farelo de soja texturizado em relação às amostras de farelo de soja.

A EMAn determinada para a protenose foi semelhante ao encontrado por Brumano et al. (2006) – 3.971 kcal/kg e 4,42% inferior ao valor obtido por Rodrigues et al. (2001). Os alimentos que foram utilizados no experimento I apresentaram maior diferença entre EMA e EMAn, possivelmente por possuírem alto teor e diferentes qualidades de proteína e pelas aves estarem em fase de crescimento, retendo nitrogênio para a deposição de proteína corporal. Neste caso, o balanço de nitrogênio tende a ser positivo.

Os valores de EMA dos alimentos energéticos variaram de 2.054 a 3.914 kcal/kg de MS e de 1.941 a 3.862 kcal/kg de MS para EMAn. Os valores de EMAn encontrados para o milho 1 e 2 (3.699 e 3.813 kcal/kg de MS, respectivamente) foram superiores aos citados por D'Agostini et al. (2004) e por Nunes et al. (2008), que foram de 3.687 e 3.589 kcal/kg de MS, respectivamente. Contudo, foram semelhantes aos descritos por Nagata et al. (2004) que trabalharam com sete híbridos de milho nos quais obtiveram valores entre 3.665 a 3.804 kcal/kg de MS e por Vieira et al. (2007), que determinaram os valores energéticos de 45 híbridos de milho que variaram entre 3.405 a 4.013 kcal/kg de MS. Possivelmente, essas variações estão associadas ao ganho de peso das aves e, conseqüentemente, ao diferente balanço de nitrogênio, cujos valores estão diretamente relacionados ao cálculo da EMAn.

Dos derivados do milho utilizados neste experimento, observou-se que o milho pré-cozido e a quirera de milho apresentaram valores de EMAn (3.624 e 3.676 kcal/kg de MS) inferiores à média das amostras de milho (3.756 kcal/kg de MS), porém, bem similares entre si. A EMAn determinada para a quirera de milho foi superior ao valor obtido por Ost et al. (2005) e Nagata et al. (2004), que foram de 3.292 e 3.351 kcal/kg de MS, respectivamente. Este fato é normal, por ser um alimento de composição química e de processamento muito variável.

Os valores médios de EMA e EMAn do sorgo foram, respectivamente, de 3.647 e 3.563 kcal/kg de MS, semelhante ao citado por Generoso et al. (2008), trabalhando com aves na fase de 21 a 30 dias (3.651 e 3.640 kcal/kg). O resultado médio de EMAn foi inferior ao descrito pela Embrapa (1991), 3.797 kcal/kg e pelo NRC (1994), 3.779 kcal/kg. Contudo, foi superior ao relatado por Nunes et al. (2008), que foi de 3.464 kcal/kg. Segundo Scheuermann (1998), os teores de EM do sorgo sem tanino, para aves, estão muito próximos dos valores do milho. Devido aos valores de EMAn, aliados à alta proteína e extrato etéreo,

o sorgo pode ser utilizado como alimento substituto ao milho, com a ressalva de que apresenta quantidade reduzida de pigmentos naturais.

Os valores energéticos obtidos para a quirera de arroz foram superiores aos encontrados por Generoso et al. (2008) e Calderano (2008), respectivamente de 3.628 e 3.528, para EMA e de 3.608 e 3.371 para EMAn. Esta variação se deve, principalmente, às possíveis diferenças na granulometria, uma vez que a redução no tamanho das partículas pode favorecer o processo de digestão, além das diferentes formas de processamento, o que pode influenciar a composição química do mesmo. Já para o farelo de arroz integral, o valor de EMAn foi inferior ao descrito por Generoso et al. (2008), 2.817 kcal/kg, porém, superior ao encontrado por Mello et al. (2009), 2.355 kcal/kg. Essa superioridade pode ser explicada pelo maior teor de casca no farelo, o que possivelmente contribuiu para aumentar a porcentagem de FB. Segundo Conte et al. (2002), a EM é afetada direta e positivamente pela composição do alimento em amido, gordura e proteína e negativamente por FB, FDN e FDA.

O farelo de trigo apresentou valores de EMA e EMAn semelhantes aos encontrados por Generoso et al. (2008), 2.090 e 1.933 kcal/kg, porém, superiores aos encontrados por Nunes et al. (2001) que avaliaram quatro farelos de trigo relatando valor médio de EMAn de 1.838 kcal/kg. De acordo com Choct et al. (1992), as pentosanas solúveis do trigo têm efeito negativo sobre a digestibilidade do amido, da proteína e dos lipídeos nas dietas de aves e, conseqüentemente, afetam a metabolizabilidade da energia desse alimento.

Comparando-se os valores energéticos obtidos pelos ensaios metabólicos com os descritos na literatura, observa-se que alguns são semelhantes e outros são inferiores ou superiores, provavelmente devido à origem dos alimentos, à sua composição química, aos diferentes métodos de processamento ou até mesmo à idade das aves utilizadas nos ensaios. Isso evidencia a importância da constante avaliação dos alimentos para a otimização do processo de formulação



de rações, bem como a busca de métodos rápidos de obtenção dos valores energéticos dos alimentos, certamente variáveis em função de sua composição química.

#### 4.3 Valores energéticos estimados por equações de predição

O valor médio de EMAn dos alimentos proteicos variou de 2.326 a 3.934 kcal/kg de MS, com valor mínimo observado de 2.220 e máximo de 4.108 (Tabela 6). A média observada com os alimentos estudados foi de  $3.001 \pm 675$  kcal EMAn/kg de MS.

TABELA 6 Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio retido (kcal/kg de matéria seca) de alguns alimentos proteicos, obtida por ensaio de metabolismo (n = 6) com frangos de corte ou por equações de predição gerais ou específicas para alimentos proteicos

Alimento	Valor médio observado	Limite inferior	Limite superior	Calculado por (1)	Calculado por (2)	Calculado por (3)
Farelo de soja 1	2326	2220	2432	2524	2331	2318
Farelo de soja 2	2355	2222	2488	2576	2365	2360
Farelo de soja 3	2396	2307	2485	2582	2428	2416
Farelo de soja 4	2478	2403	2553	2584	2498	2482
Proteína texturizada	2809	2712	2906	2685	2724	2748
Far. soja semi-integral	3159	3032	3286	3057	3057	3037
Soja integral micronizada	3772	3646	3898	3904	3874	3918
Soja integral extrusada	3779	3692	3866	3700	3743	3725
Protenose	3934	3760	4108	2804	3865	3780
Média	3001	-	-	2935	2987	2976
Erro padrão da estimativa				427	67	92

(1) Equação específica:  $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$

(2) Equação geral 1:  $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$

(3) Equação geral 2:  $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$

Considerando a equação  $2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ , específica para alimentos proteicos, a diferença mínima entre os valores de EMAn observado e estimado foi de 79 kcal/kg (soja integral extrusada), correspondente a 2,1% em relação ao observado, enquanto o valor máximo foi de 1.130 kcal/kg (protenose), correspondente a 28,7%. Considerando todos os alimentos, a diferença média entre os valores observados e os estimados foi de 66 kcal/kg, correspondente a 2,19% da média dos valores observados.

Já para a equação  $4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ , considerada geral para alimentos concentrados, a diferença mínima entre os valores de EMAn observado e estimado foi de 5 kcal/kg (farelo de soja 1), correspondente a 0,21% em relação ao observado. Já o valor máximo foi de 102 kcal/kg para o farelo de soja semi-integral (3,2%) e para a soja integral micronizada (2,7%). A diferença média entre todos os valores observados e os estimados foi de 14 kcal/kg, correspondente a 0,47% da média dos valores observados. Observa-se, em termos numéricos, que esta equação se aproximou mais dos valores observados em relação à equação específica.

Por outro lado, para a equação  $4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ , também considerada geral para alimentos proteicos, a diferença mínima entre os valores de EMAn observado e estimado foi de 4 kcal (farelo de soja 4), correspondente a 0,16% em relação ao observado, enquanto o valor máximo foi de 154 kcal (protenose), correspondente a 3,9%. Já a diferença média entre todos os valores observados e os estimados foi de 25 kcal/kg, correspondente a 0,83% da média dos valores observados, numericamente superior à equação geral 1 e inferior à equação específica.

Na equação específica para alimentos proteicos, apesar de conter as variáveis extrato etéreo e fibra em detergente neutro, a ausência da variável matéria mineral pode explicar a grande diferença observada entre os valores obtidos com o ensaio *in vivo* e os estimados pela equação. De acordo com

Rodrigues et al. (2002), a matéria mineral também é uma das variáveis que mais se correlacionam com os valores energéticos, já que quanto maior seu valor menor o teor de matéria orgânica.

As estimativas dos parâmetros da equação de regressão dos valores observados para EMAn dos alimentos proteicos, em função dos valores estimados pelas equações apresentadas por Nascimento (2007), encontram-se na Tabela 7.

TABELA 7 Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) para as regressões entre valores observados e preditos, para os valores de EMAn de alimentos proteicos

Equação de predição	Intercepto		Coeficiente de inclinação		$r^2$
	Estimativa	Valor P <sup>1</sup>	Estimativa	Valor P <sup>2</sup>	
(i)	26,8086	0,9774	1,0133	0,9665	0,5542
(ii)	-3,2348	0,9780	1,0057	0,8809	0,9894
(iii)	-2,74726	0,9860	1,0093	0,8572	0,9808

(i) Equação específica para alimentos proteicos: EMAn = 2707,71 + 58,63EE – 16,06FDN

(ii) Equação geral para alimentos concentrados 1: EMAn = 4101,33 + 56,28EE – 232,97MM – 24,86FDN + 10,42FDA

(iii) Equação geral para alimentos concentrados 2: EMAn = 4095,41 + 56,84EE – 225,26MM – 22,24FDN

<sup>1</sup>H<sub>0</sub>:  $\beta_0 = 0$ ; H<sub>a</sub>:  $\beta_0 \neq 0$

<sup>2</sup>H<sub>0</sub>:  $\beta_1 = 1$ ; H<sub>a</sub>:  $\beta_1 \neq 1$

Verificou-se que a análise estatística dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das retas apontou que ambas as hipóteses de nulidade, ou seja, H<sub>0</sub>:  $b_0 = 0$  e H<sub>0</sub>:  $b_1 = 1$ , respectivamente, não foram rejeitadas ( $P > 0,05$ ), indicando que os valores observados para EMAn são equivalentes aos valores preditos pelas equações. É importante enfatizar que as regressões apenas mostram que há uma similaridade entre os valores observados e os estimados e não indicam qual equação de predição ajusta melhor os dados estimados com os observados. Em outras palavras, o estudo das regressões verifica apenas se a relação entre dois

conjunto de valores é existente e sem a presença de vícios, assumindo a forma pré-estabelecida de  $Y = 0 + 1X$  ou, simplesmente,  $Y = X$ . No presente trabalho, a não rejeição das hipóteses de nulidade de todas as equações de regressão implica que as equações de predição propostas por Nascimento (2007) confirmaram o modelo  $Y = X$ , ou seja, as mesmas estimam adequadamente os valores de EMAn de alimentos proteicos, sem vícios, mostrando aplicabilidade dessas equações na estimativa dos valores energéticos de alimentos concentrados para aves.

Por outro lado, a precisão com que as estimativas foram obtidas quando se utilizaram estas equações pode ser medida pelo erro padrão da estimativa que foi, respectivamente, de 427, 67 e 92, para as equações específicas para alimentos proteicos e para as equações gerais para alimentos concentrados 1 e 2, respectivamente. Neste caso, a equação  $4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ , considerada geral para alimentos concentrados, foi a que estimou com menor erro os valores de EMAn dos alimentos proteicos. Isso confirma o resultado anterior obtido com a diferença média entre os valores observados e preditos, ou seja, 0,47% para esta equação contra 2,19 e 0,83, para as equações específica e geral 2, respectivamente.

Os gráficos das Figuras 1, 2 e 3 ilustram a dispersão dos pontos para a relação ideal ( $Y = X$ ) entre os valores de EMAn observados com ensaio metabólico e aqueles estimados pelas equações de predição utilizadas para alimentos proteicos.

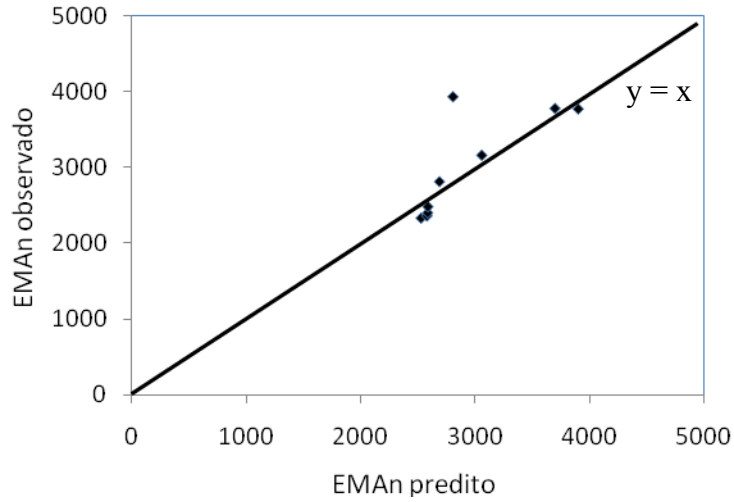


FIGURA 1 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica para alimentos proteicos ( $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ ) para o conjunto de alimentos proteicos

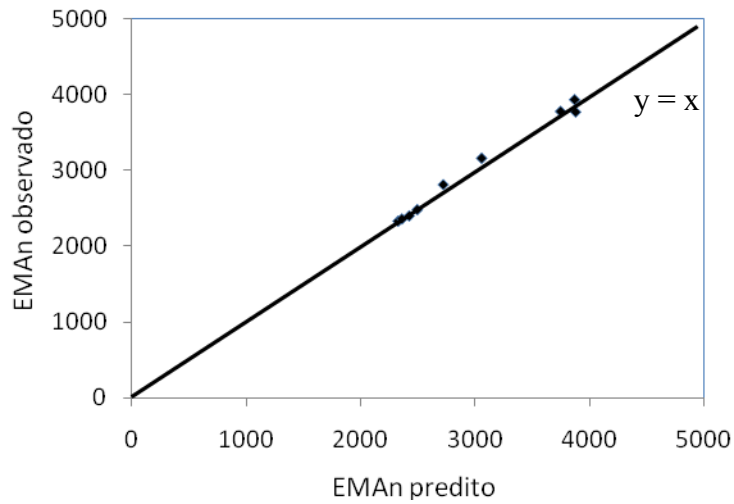


FIGURA 2 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 1 ( $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ) para o conjunto de alimentos proteicos

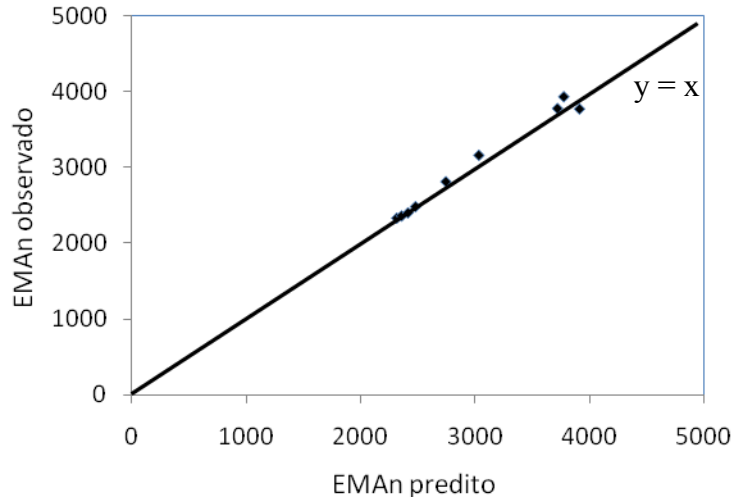


FIGURA 3 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 2 ( $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ) e observados para o conjunto de alimentos proteicos

Novamente, pode-se observar que as equações gerais foram as que melhor se ajustaram aos valores observados. O coeficiente de determinação maior para a equação geral 1 confirma a hipótese de que a mesma apresenta o menor erro padrão da estimativa. Entretanto, o menor coeficiente obtido pela regressão entre os valores preditos pela equação específica e observados não invalida seu uso para fins de estimação.

De forma geral, os valores estimados pelas equações para a protenose foram inferiores aos observados. Isto se justifica, provavelmente, pelo elevado teor de proteína bruta desse alimento em relação aos demais utilizados neste trabalho e a ausência desta variável nas equações utilizadas para alimentos proteicos. Considerando ainda a protenose, a equação geral 1 foi a que mais se aproximou dos valores observados, possivelmente pela inclusão de maior número de variáveis envolvidas com o conteúdo energético dos alimentos (EE,

FDN, FDA e MM). Com base na nutrição animal (Andriguetto et al., 1984), sabe-se que 1g de carboidrato tem calor de combustão médio de 4,2 kcal, e a proteína alcança, em média, um calor de combustão de 5,65 kcal por grama de proteína; enquanto que o lipídio (gordura) tem o calor de combustão médio de 9,4 kcal por grama de gordura. Assim, alimentos com elevado teor de proteína bruta podem apresentar os valores subestimados pelas equações propostas por Nascimento (2007).

Além da protenose, os valores estimados pelas equações para o farelo de soja semi-integral também se mostraram inferiores ao observado. Por outro lado, a soja micronizada apresentou valores estimados superiores em relação aos observados. As maiores diferenças foram observadas quando se utilizou a equação específica para alimentos proteicos e a equação geral 2. Isto, provavelmente, ocorreu devido ao elevado teor de EE deste alimento, aliado à falta da variável FDA dessas duas equações.

Dolz & De Blas (1992) observaram que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos. Isto se confirmou no presente trabalho ao se verificar que todas as equações propostas por Nascimento (2007) aceitaram as hipóteses de nulidade para os coeficientes de regressão. No entanto, as equações com mais de duas variáveis foram as que melhor se ajustaram.

De forma geral, os resultados confirmam as afirmações de Nunes et al. (2001) e Rodrigues et al. (2002), os quais relatam que equações com duas a quatro variáveis predizem melhor os valores energéticos, desde que as variáveis estejam bem correlacionadas com os valores energéticos dos alimentos.

Segundo Nascimento (2007), os teores de FDN são importantes para o processo de obtenção da equação de predição para a determinação dos valores energéticos de alimentos proteicos, pois, quando esta variável foi desconsiderada no banco de dados, a equação gerada apresentou  $R^2$  inferior, reduzindo de 81%

para 71%. Wan et al. (2009), avaliando o uso de equações de predição para determinar os valores energéticos do trigo e subprodutos para patos, verificaram que a equação composta apenas pela variável FDN explicou 94% da variação nos valores energéticos desses alimentos utilizados para esta espécie. Por outro lado, Carré et al. (1984) acreditam que a FDN não inclui todos os carboidratos não digestíveis, como, por exemplo, as substâncias pépticas da parede celular indigestíveis em aves. Segundo estes autores, outras variáveis devem ser incluídas em equações de predição.

Além da FDN, o extrato etéreo também pode ser considerado uma importante variável responsável pela variabilidade energética dos alimentos (Nascimento, 2007). Nunes et al. (2001), elaborando equações de predição para os valores energéticos do trigo e seus subprodutos para pintos de corte, observaram que o extrato etéreo foi o único que teve correlação positiva com os valores de EMA e EMAn. Segundo estes autores, isso pode estar relacionado ao efeito inibitório dos lipídeos sobre o esvaziamento gástrico, promovendo melhora da digestibilidade, principalmente das proteínas. Outros autores, como Campbell et al. (1986) e Rodrigues et al. (2002), também observaram correlação positiva do extrato etéreo com os valores energéticos.

Além disso, como anteriormente descrito, Rodrigues et al. (2002) relatam que a matéria mineral também é importante na composição energética dos alimentos, uma vez que esta representa, inversamente, a fração orgânica dos mesmos. Desta forma, esta deve ser uma das justificativas para o fato de as equações gerais terem sido mais eficientes na predição dos valores de EMAn para alimentos proteicos.

No presente trabalho, foi observado que a variável FDA também foi importante, já que esta compreende a fração do alimento contendo a celulose além da lignina, cuja digestibilidade é bastante reduzida em aves.



Para alimentos energéticos, o valor médio observado variou de 1.941 a 3.862 kcal/kg de MS, com valor mínimo observado de 1.885 (limite inferior) e máximo de 3.948 (limite superior) (Tabela 8). A média observada com os alimentos estudados foi de  $3.380 \pm 642$  kcal EMAn/kg de MS.

Considerando a equação  $4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ , específica para alimentos energéticos, a menor diferença entre valores observados e estimados pela equação foi de 12 kcal (farelo de arroz), correspondente a 0,45% em relação ao observado para o mesmo alimento, enquanto o valor máximo foi de 161 kcal (quirera de arroz), correspondente a 4,2%. Considerando a média, esta diferença foi de 42 kcal/kg, o correspondente a 1,25% da média dos valores observados.

Já para a equação  $4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ , também específica para alimentos energéticos, a menor diferença entre valores observados e estimados pela equação também foi de 12 kcal (sorgo 2), correspondente a 0,33% em relação ao observado para o mesmo alimento, enquanto o valor máximo foi de 196 kcal (quirera de arroz), correspondente a 5,1%. Considerando a média dos valores estimados, esta diferiu da média dos observados em 34 kcal/kg, o correspondente a 1,0% da média dos valores observados.

Para a equação  $4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ , considerada geral para alimentos concentrados, a menor diferença entre os valores de EMAn observados e estimados foi de 10 kcal (quirera de arroz), correspondente a 0,26% em relação ao valor observado para o mesmo alimento, enquanto o valor máximo foi de 262 kcal (farelo de arroz), correspondente a 9,8%. Ao se considerar a média, observou-se uma diferença de 12 kcal/kg, o equivalente a 0,35% da média dos valores observados.

TABELA 8 Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio retido (kcal/kg de matéria seca) de alguns alimentos energéticos, obtida por ensaio de metabolismo (n = 6) com frangos de corte ou por equações de predição gerais ou específicas para alimentos energéticos

Alimento	Valor médio observado	Limite inferior	Limite superior	Calculado por (1)	Calculado por (2)	Calculado por (3)	Calculado por (4)
Farelo de trigo	1941	1885	1997	1919	1917	1961	1991
Farelo de arroz	2682	2596	2768	2670	2596	2420	2393
Sorgo 1	3529	3432	3626	3566	3579	3554	3537
Sorgo 2	3598	3548	3648	3621	3610	3578	3562
Milho pré-cozido	3624	3502	3746	3667	3680	3663	3684
Quirera de milho	3676	3580	3772	3737	3709	3754	3733
Milho 1	3699	3627	3771	3767	3747	3741	3725
Milho 2	3813	3730	3896	3833	3832	3776	3742
Quirera de arroz	3862	3776	3948	4023	4058	3872	3831
Média	3380	-	-	3423	3414	3369	3355
Erro-padrão da estimativa	-	-	-	70	84	101	112

(1) Equação específica 1:  $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$

(2) Equação específica 2:  $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$

(3) Equação geral 1:  $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$

(4) Equação geral 2:  $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$

Por outro lado, para a equação  $4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ , também considerada geral para alimentos concentrados, a menor diferença encontrada entre os valores de EMAn observados e estimados foi de 8,0 kcal/kg (sorgo 1), correspondente a 0,23% em relação ao valor observado com o ensaio metabólico para o mesmo alimento; já o valor máximo foi de 289 kcal/kg (farelo de arroz), correspondente a 10,8%. Considerando a média, houve uma diferença de 25 kcal/kg, o equivalente a 0,74% da média dos valores observados.

Pelos resultados obtidos com as equações específicas para alimentos energéticos, observou-se que a diferença discrepante entre os valores observados e preditos foi obtida com a quirera de arroz, que se apresentou superior ao valor observado com este alimento nos ensaios metabólicos. Possivelmente, isso pode ter ocorrido devido ao fato de este alimento apresentar o menor teor de fibra bruta em sua composição, quando comparado aos demais alimentos e pelo fato de esta variável estar subtraindo o valor total de EMAn nas equações específicas, o que não ocorre com as equações gerais. Todos os demais alimentos apresentaram diferenças entre os valores estimados e observados muito próximas da média entre estes dois grupos de valores de EMAn

Por outro lado, considerando as equações gerais para alimentos concentrados, o valor estimado para o farelo de arroz foi o que mais se diferenciou do valor observado, apresentando-se inferior e o único discrepante em relação aos demais alimentos. Isto se deve, provavelmente, ao maior valor de matéria mineral deste alimento, associado ao elevado coeficiente negativo desta variável nas equações. Segundo Schoulten et al. (2003) e Giacometti et al. (2003), este alimento não é considerado tão convencional nas formulações, devido às suas restrições e limitações de uso.

As estimativas dos parâmetros das equações de regressão da EMAn, obtidas pelas equações de predição, em função dos valores observados com os

ensaios metabólicos, encontram-se na Tabela 9, enquanto nas Figuras 4, 5, 6 e 7 está ilustrada a dispersão dos pontos em torno da relação ideal ( $Y = X$ ) entre os valores de EMAn observados com ensaio metabólico e aqueles estimados pelas equações de predição utilizadas para alimentos energéticos.

De maneira semelhante à análise da EMAn para alimentos proteicos, os valores dos interceptos e dos coeficientes de inclinação das retas para as equações gerais 1 e 2 apontaram para a aceitação de ambas as hipóteses de nulidade, ou seja,  $H_0: b_0 = 0$ ;  $H_0: b_1 = 1$ . Com isso, verifica-se que os valores estimados por estas equações foram similares àqueles obtidos pelo ensaio metabólico.

Para as equações específicas para alimentos energéticos, verificou-se que o valor do coeficiente de inclinação da reta e seu respectivo valor de probabilidade atestaram a não aceitação da hipótese de nulidade ( $H_0: b_1=1$ ). Quando nova equação de regressão foi traçada suprimindo-se o parâmetro relativo ao intercepto (modelo reduzido), o coeficiente de inclinação não diferiu estatisticamente de 1 ( $P>0,05$ ), em ambas as equações, cujos vícios globais de estimação foram de -1,38% e -1,22%, para as equações específicas 1 e 2, respectivamente. Estes números indicam que os valores observados estão ligeiramente subestimados em relação aos preditos, ou seja, as equações de predição específicas para alimentos energéticos ligeiramente superestimaram os valores obtidos com ensaios metabólicos, apesar de nas Figuras 3 e 4 observar-se a proximidade dos valores em torno do eixo ideal ( $Y = X$ ). As médias calculadas entre os valores observados e os preditos, descritos anteriormente, confirmam esta hipótese ao apresentarem-se inferiores em 1,25% e 1,0%, quando se utilizaram as equações específicas 1 e 2, respectivamente.

TABELA 9 Estimativas de parâmetros, níveis descritivos de probabilidade para as hipóteses de nulidade e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) para as regressões entre valores observados e preditos para os valores de EMAn de alimentos energéticos

Equação de predição	Modelo de regressão completo				$r^2$	Regressão simplificada	
	Intercepto		Coeficiente de inclinação			Coeficiente de inclinação	
	Estimativa	Valor P	Estimativa	Valor P		Estimativa	Valor P
(i)	152,474	0,0729	0,9432	0,0290	0,9961	0,9862	0,0729
(ii)	225,894	0,0640	0,9239	0,0369	0,9919	0,9878	0,0640
(iii)	252,242	0,1690	0,9286	0,1805	0,9790	-	-
(iv)	221,799	0,2930	0,9414	0,3388	0,9713	-	-

(i) Equação específica para alimentos energéticos 1:  $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$

(ii) Equação específica para alimentos energéticos 2:  $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$

(iii) Equação geral para alimentos concentrados 1:  $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$

(iv) Equação geral para alimentos concentrados 2:  $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$

$H_0: \beta_0 = 0; H_a: \beta_0 \neq 0$

$H_0: \beta_1 = 1; H_a: \beta_1 \neq 1$

Observando-se as Figuras 4, 5, 6 e 7, nota-se que as equações específicas foram as que mais se aproximaram do eixo central, apesar da não aceitação da hipótese de nulidade no modelo completo de regressão. Isto pode ser explicado, possivelmente, pelo fato de a quirera de arroz ter seu valor de EMAn superior em relação aos demais alimentos, e o farelo de arroz, intermediário, superado apenas pelo farelo de trigo. Estes dois alimentos apresentaram seus valores estimados de EMAn bastante discrepantes em relação aos demais alimentos, quando foram utilizadas as equações específicas para alimentos energéticos e gerais para alimentos concentrados, respectivamente.

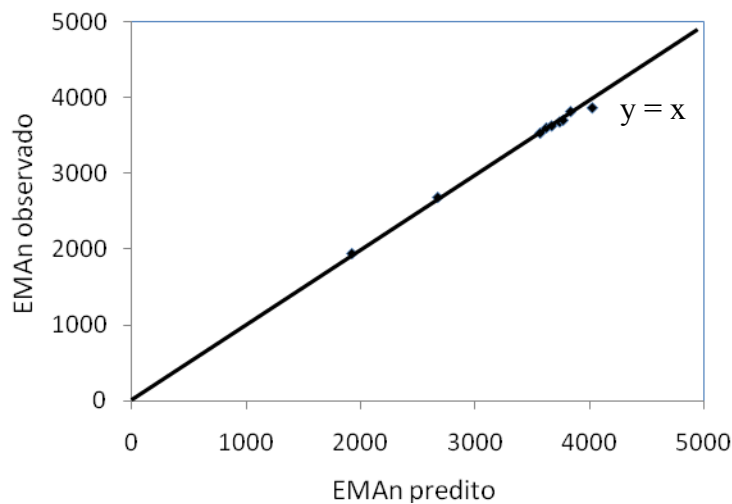


FIGURA 4 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica para alimentos energéticos 1 ( $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos

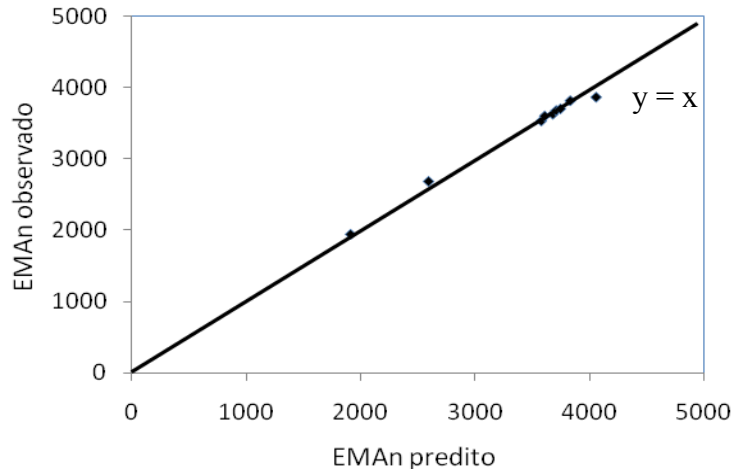


FIGURA 5 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação específica 2 ( $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos

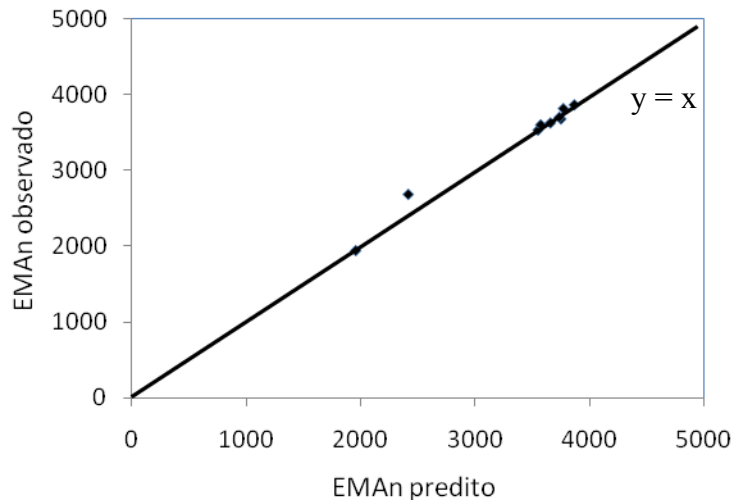


FIGURA 6 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 1 ( $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ) para o conjunto de alimentos energéticos

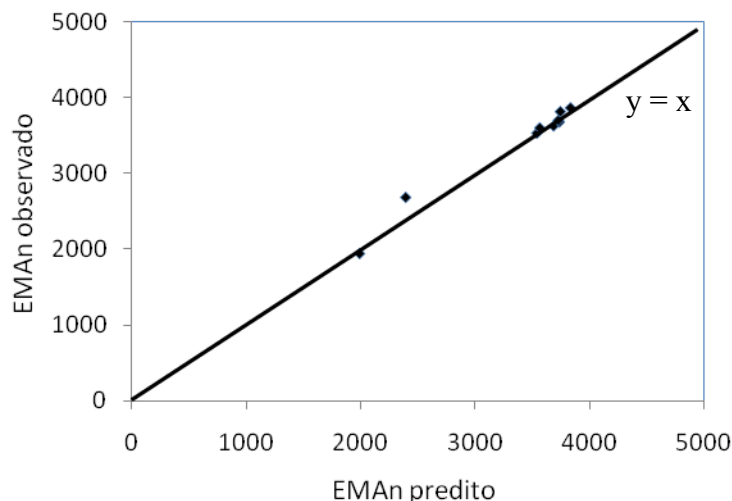


FIGURA 7 Relação entre os valores de EMAn observados e os preditos pela equação geral 2 ( $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ) para o conjunto de alimentos energéticos

Ao se calcular o erro padrão da estimativa das quatro equações utilizadas para alimentos energéticos, obtiveram-se os valores de 70, 84, 101 e 112 com os valores de EMAn estimados pelas equações específicas 1 e 2 para alimentos energéticos e gerais 1 e 2 para alimentos concentrados. Com isso, nota-se que as equações específicas se ajustaram melhor aos valores observados, principalmente a equação 1.

Estes resultados estão condizentes com a indicação de Nunes et al. (2001), que relataram que a matéria mineral e o extrato etéreo são boas variáveis para prever o conteúdo energético dos alimentos. No presente estudo, todas as equações puderam ser utilizadas para estimar os valores de EMAn dos alimentos energéticos. Enquanto as equações específicas apresentaram menor erro padrão da estimativa, porém, com vício, as equações gerais tiveram maior aproximação das médias entre os valores observados e os estimados.



Rodrigues et al. (2001) relatam que equações compostas por duas a quatro variáveis explicam grande parte da variação nos valores de EMAn obtidos para milho e seus subprodutos e milheto, mas que o maior número de variáveis aumenta o coeficiente de determinação destas equações. No presente experimento, considerando as equações gerais para alimentos concentrados, que, por sua vez, aceitaram a hipótese de nulidade (não apresentam vício), observa-se que aquela com quatro variáveis (equação geral 1) apresentou menor erro padrão da estimativa, confirmando a hipótese destes autores.

Apesar disso, o menor número de variáveis de composição química facilita o uso das equações, pois as análises laboratoriais são realizadas em menor tempo e de forma mais econômica, proporcionando maior rapidez na obtenção de valores energéticos confiáveis para a formulação de rações. Neste estudo, a equação geral 2 poderia ser utilizada nesse sentido, já que os componentes de regressão entre os valores observados e preditos aceitaram todas as hipóteses de nulidade, indicando que os valores estimados e observados são similares.

Assim como relatado por Albino & Silva (1996), fica evidenciado que a disponibilidade de equações de predição pode ser importante para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que se possam corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações da composição química dos alimentos. Zhao et al. (2008) enfatizaram a precisão do uso de equações baseadas na composição química dos alimentos, obtendo diferença máxima de 61 kcal/kg de MS entre a EM de milho determinada *in vivo* e por modelos de predição. Recentemente, Nagata et al. (2004) e Zonta et al. (2004) mostraram certa viabilidade da aplicação de equações para predizer o conteúdo energético de alimentos comumente utilizados em rações para aves. Porém, nesses trabalhos, equações específicas para um determinado grupo de alimentos não apresentaram bons ajustes dos valores energéticos, sendo necessário,

portanto, a realização de análises mais precisas. No presente trabalho, observou-se a aplicabilidade das equações geradas pelo princípio da meta-análise para predizer os valores energéticos dos diferentes concentrados de origem vegetal.

Entretanto, para utilizar adequadamente as equações de predição na prática, é imprescindível a realização de trabalhos futuros para testar a sua confiabilidade também por meio de ensaio de desempenho com frangos de corte nas diferentes fases do crescimento, além de verificar o aproveitamento de energia e nutrientes de rações formuladas com tais valores energéticos.

## 5 CONCLUSÕES

Existe grande variação na composição química dos alimentos utilizados para frangos de corte, a qual, por sua vez, é responsável pela grande variabilidade dos valores de EMAn desses alimentos.

A variação de EMAn dos alimentos proteicos foi de 2.326 a 3.901 kcal/kg de MS e, para alimentos energéticos, de 1.941 a 3.862 kcal/kg de MS.

Para alimentos concentrados proteicos e energéticos de origem vegetal, todas as equações propostas por Nascimento (2007) estimaram satisfatoriamente a EMAn, sendo que as equações com maior número de variáveis apresentaram menor erro-padrão da estimativa. No entanto, a equação  $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$  foi a mais aplicável na predição dos valores energéticos dos alimentos avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 1991. 141 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; TORRES, R. A. Utilização de diferentes sistemas de avaliação energéticas dos alimentos na formulação de rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 21, n. 6, p. 1037-1046, 1992a.

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; TAFURI, M. L.; SILVA, M. A. Determinação dos valores de energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos para aves, usando diferentes métodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, 1992b.

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, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 1996. p. 303-318.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINABO, I.; GEMAEL, A.; FLEMMINGS, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. B. **Nutrição animal**, São Paulo: Nobel, 1984. 485 p.

BATAL, A.; DALE, N. **Feedstuffs: ingredient analysis table.** Athens: University of Georgia, 2009.

BATAL, A. B.; PARSONS, C. M. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 81, n. 3, p. 400-407, Mar. 2002.

BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da Escola de Medicina Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30, jun. 1997.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; RODRIGUEZ, N. M.; SANTOS, W. M.; LARA, L. B.; ARAÚJO, V. L. Metodologia de alimentação forçada em aves – I – efeito dos níveis de consumo de alimento na avaliação da energia metabolizável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ/UNESP, 1998. p. 389-391.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; SAAD, C. E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; TEIXEIRA, E. A.; LARA, L. B.; MENDES, W. S.; ARAÚJO, V. L. Comparação de métodos de avaliação dos valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 6, p. 710-721, dez. 2003a.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; SAAD, C. E. P. Efeito do consumo de alimento sobre os valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte, obtidos pela metodologia da alimentação forçada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1392-1399, nov./dez. 2004.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; SAAD, C. E. P.; RODRIGUEZ, N. M.; TEIXEIRA, E. A.; LARA, L. B.; MENDES, W. S.; ARAÚJO, V. L. Equações de regressão para estimar valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte, a partir de análises químicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 55, n. 6, p. 734-746, dez. 2003b.

BRUGALLI, I.; ALBINO, L. F. T.; SILVA, D. J.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 4, p. 753-757, jul./ago. 1999.

BRUM, P. A. R.; ZANOTTO, D. L.; LIMA, G. J. M. M.; VIOLA, E. S. Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 995-1002, maio 2000.

BRUMANO, G.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. ROSTAGNO, H. S.; GENEROSO, R. A. R.; SCHMIDT, M. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos proteicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 6, p. 2297-2302, nov./dez. 2006.

BRUNELLI, S. R.; PINHEIRO, J. W.; SILVA, C. A.; FONSECA, N. A. N.; OLIVEIRA, D. D.; CUNHA, G. E.; SOUZA, L. F. A. Inclusão do farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 4, p. 1349-1358, jul./ago. 2006.

CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; ALBINO, L. F. T.; JUNQUEIRA, O. M. Determinação da disponibilidade biológica dos aminoácidos e da energia metabolizável da soja integral processada para aves. IN: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1993, Santos. **Anais...** Campinas: FACTA, 1993. p. 13.

CAFÉ, M. B.; SAKOMURA, N. K.; JUNQUEIRA, O. M.; CARVALHO, M. R. B.; DEL BIANCHI, M. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 67-74, jan./abr. 2000.

CALDERANO, A. A. **Valores de composição química e de energia de alimentos de origem vegetal determinados com aves de diferentes idades.** 2008. 50 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CAMPBELL, G. L.; SALMON, R. E.; CLASSEN, H. L. Prediction of metabolizable energy of broiler diets from chemical analysis. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 11, p. 2126-2134, June 1986.

CANNER, P. L. An overview of six clinical trials of aspirin in coronary heart disease. **Statistics in Medicine**, New York, v. 6, n. 3, p. 255-263, Apr./May 1987.

CARRÉ, B.; PREVOTEL, B.; LECLERCQ, B. Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feedingstuffs. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 25, n. 4, p. 561-572, Oct./Dec.1984.

CARVALHO, D. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; VARGAS JR., J. G. V.; TOLEDO, R. S.; ROCHA, C. H. C.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUZA, R. M. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2004.

CHOCT, M.; ANNISON, G.; TRIMBLE, R. Soluble wheat pentosans exhibit different anti-nutritive activities in intact and cecectomized broiler chickens. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 122, n. 12, p. 2457-2465, Dec. 1992.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; MUNIZ, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 6, p. 1289-1296, nov./dez. 2002.

D'AGOSTINI, P. **Composição química, energia metabolizável e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. 2001. 69 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

D'AGOSTINI, P.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. ROSTAGNO, H. S.; SÁ, L. M. Valores de composição química e energética de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 128-134, jan./fev. 2004.

DETMANN, E.; PAULINO, M. F.; CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; ZERVOUDAKIS, J. T.; LANA, R. P.; LEÃO, M. I.; MELO, A. J. N. Simulação e validação de parâmetros da cinética digestiva em novilhos mestiços suplementados a pasto, por intermédio do sistema in vitro de produção de gases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 2112-2122, nov./dez. 2005.

DOLZ, S.; DE BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 316-322, Feb. 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGRO PECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia, 1991. 97 p. (EMBRAPA-CNPSA. Documentos, 19).

FAGARD, R. H.; STAESSEN, J. A.; THIJS, L. Advantages and disadvantages of the meta-analysis approach. **Journal of Hypertension**, London, v. 14, p. 9-13, Sept. 1996. Supplement, 2.

FARREL, D. J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockrels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 19, n. 3, p. 303-308, May/June 1978.

FISCHER, C.; MCNAB, J. M. Techniques for determining the metabolizable energy content of poultry feeds. In: COLE, D. J. A.; HAZELSIGN, W. (Ed.) **Recent developments in poultry nutrition**. Butterworths: Poultry Books, 1987. p. 54-69.

FISCHER JÚNIOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 314-318, mar./abr. 1998.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, A. L.; FERNANDES, J. B. K. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 6, p. 1938-1949, nov./dez. 2005.

GENEROSO, R. A. R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. 2006. 48 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

GENEROSO, R. A. R.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; BARRETO, S. L. T.; BRUMANO, G. Composição química e energética de alguns alimentos para frangos de corte em duas idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 7, p. 1251-1256, ago. 2008.

GIACOMETTI, R. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T. Valores energéticos do farelo de arroz integral suplementado com complexos enzimáticos para frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 3, p. 703-707, maio/abr. 2003.

GIANNOTTI, J.D.G. **Meta-análise de parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos de corte sob enfoques clássico e bayesiano**. 2004. 86 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta-análise para estimativas de herdabilidade para características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1173-1180, jul./ago. 2005.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, Washington, v. 5, n. 10, p. 3-8, Nov. 1976.



GUREVITCH, J.; HEDGES, L. V. Meta-analysis: combining the results of independent experiments. In: SCHEINER, S. M.; GUREVITCH, J. **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 378-398.

HILL, S. J.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 64, n. 4, p. 587-603, Apr. 1958.

HOOGE, D. M. Meta-analysis of broiler chicken pen trials evaluating dietary mannan oligosaccharide, 1993-2003. **International Journal Poultry Science**, Rotterdam, v. 3, n. 3, p. 163-174, Mar. 2004.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen: European Federation of Branches of the World's Poultry Science Association, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

KATO, R. K. **Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades**. 2005. 96 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Commercial Poultry Nutrition**. 2. ed. Guelph: University Books, 1997. 350p.

LESSON, S.; SUMMERS, J.D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4. ed. Guelph: University Books, 2001. 591p.

LIMA, G. J. M. M. de; NONES, K.; KLEIN, C. H.; BELLAVAR, C.; ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. A. R. de; PEREIRA, L. R. Composição química de híbridos comerciais de milhos testados na safra 1999/2000. In: REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE PESQUISA DE MILHO, 2000, Pelotas. **Anais...** Pelotas, 2000. p. 183-192.

LONGE, O. G.; TONA, G. O. Metabolizable energy values of some tropical feedstuffs for poultry. **Journal of Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 65, n. 4, p. 358-360, Jan./Dec. 1988.

LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; ANDRETTA, I.; CARVALHO, A. D.; HAUSCHILD, L. Meta-análise em pesquisas científicas: enfoque em metodologias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, p. 285-294, 2007. Suplemento Especial.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11 p. (Research Report, 7).

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; SOUZA, R. M.; CALDERANO, A. A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 863-868, set./out. 2009.

MOREIRA, I.; OLIVEIRA, G. C.; FURLAN, A. C.; MARCOS JUNIOR, V.; PATRICIO, V. M. J. Utilização da farinha pré-gelatinizada de milho na alimentação de leitões na fase de creche, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 440-448, mar./abr. 2001.

MOREIRA, I.; ROSTAGNO, H.S.; COELHO, D.T. Determinação dos coeficientes de digestibilidade, valores energéticos e índices de controle de qualidade do milho e soja integral processadas a calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.23, n. 6, p.916-929, nov./dez. 1994.

NAGATA, A. K.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T. Energia metabolizável de alguns alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensaios metabólicos e por equações de predição. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 668-677, mar./abr. 2004.

NASCIF, C. C. C.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 375-385, mar./abr. 2004.

NASCIMENTO, A. H.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. Composição química e valores de energia metabolizável das farinhas de penas e vísceras determinados por diferentes metodologias para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 1409-1417, maio/jun. 2002.

NASCIMENTO, A. H.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; RIBEIRO, E. G. Valores de composição química e energética de alimentos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 3, p. 579-583, maio/jun. 1998.

NASCIMENTO, A. H.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. Valores de energia metabolizável de farinhas de penas e de vísceras determinados com diferentes níveis de inclusão e duas idades das aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 877-881, maio/jun. 2005.

NASCIMENTO, G. A. J. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da meta-análise**. 2007. 199 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington: National Academy, 1994. 155p.

NERY, L. R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. 2005. 100 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NERY, L. R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; CAMPOS, A. M. A.; SILVA, C. R. Valores de energia metabolizável de alimentos determinados com frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 5, p. 1354-1358, set./out. 2007.

NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; NUNES, C. G. V.; CAMPESTRINI, E.; KÜHL, R.; ROCHA, L. D.; COSTA, F. G. P. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1217-1224, jul./ago. 2005.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 785-793, maio/jun. 2001.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; NUNES, C. G. V.; POZZA, P. C.; ARAUJO, M. S. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta de diferentes ingredientes para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 89-94, jan./fev. 2008.

OLKIN, I.; SHAW, D. V. Meta-analysis and its applications in horticultural science. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 7, p. 1343-1348, July 1995.

OST, P. R.; RODRIGUES, P. B.; FIALHO, E. T.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G. Valores energéticos de sojas integrais e de farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 467-475, mar./abr. 2005.

PARSONS, C. M.; POTTER, L. M.; BLISS, B. A. True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 11, p. 2241-2246, Nov. 1982.

PENZ JÚNIOR, A. M.; KESSKER, A. M.; BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais ...** Campinas: FACTA, 1999. p.1-24.

PRANKEL, S. H.; NIXON, R. M.; PHILLIPS, C. J. Meta-analysis of feeding trials investigating cadmium accumulation in the livers and kidneys of sheep. **Journal of Environmental Research**, San Diego, v. 94, n. 2, p. 171-183, June 2004.

RODRIGUES, P. B. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves**. 2000. 204 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RODRIGUES, P. B.; MARTINEZ, R. de S.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T. Influência do tempo de coleta e metodologias sobre a digestibilidade e o valor energético de rações para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 882-889, maio/jun. 2005.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; SANTANA, R. T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, nov./dez. 2001.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; NUNES, R. V.; TOLEDO, R. S. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

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., 1990, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 11-30.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV/Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.

SAKOMURA, N. K. **Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras.** 1996. 178 p. Tese (Livre Docência em Avicultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SAKOMURA, N. K.; BIANCHI, M. D.; PIZAURO JÚNIOR, J. M.; CAFÉ, M. B.; FREITAS, E. R. Efeito da idade dos frangos de corte na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 924-935, jul./ago. 2004.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Cadernos Técnicos da EV da UFMG**, Belo Horizonte, v.22, n. 1, p.125-146, jan./dez. 1998.

SANCHEZ, J.; DOHOO, I.R.; CHRISTENSEN, J.; RAJIC, A. Factors influencing the prevalence of *Salmonella* spp. in swine farms: a meta-analysis approach. **Preventive Veterinary Medicine**, Amsterdam, v. 81, n. 1/3, p.148-177, Sept. 2007.

SAUER, N.; EMRICH, K.; PIEPHO, H. P.; LEMME, A.; REDSHAW, M. S.; MOSENTHIN, R. Meta-analysis of the relative efficiency of methionine-hydroxy-analogue-free-acid compared with DL-methionine in broilers using nonlinear mixed models. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 2023-2031, Oct. 2008.

SAUVANT, D.; MERTENS, D. R. Meta analysis of ruminal digestive responses of cattle to dietary NDF. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, p. 261, 2006. Supplement 1.

SCHANG, M. J. Valor nutritivo de ingredientes y raciones para aves: energia disponible. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 7, n. 6, p. 599-608, 1997.

SCHANG, M. J.; HAMILTON, R. M. G. Comparison of two direct bioassays using adult cocks and four indirect methods for estimating the metabolizable energy content of different feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 1, p. 1344-1353, Jan. 1982.

SCHEUERMANN, G. N. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 1998. (Instrução Técnica para o Avicultor).

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; CONTE, A. J.; SILVA, H. O. Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1380-1387, nov./dez. 2003.

SCHUTTE, J. B. Differences in dietary energy value of feedstuffs between young and adult birds. In: MINI SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 1998, Viçosa, MG. **Anais ...** Viçosa, MG: UFV, 1998. p. 7-14.

SCOTT, M. L.; NESHEIN, M. C.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the chickens**. 3. ed. Ithaca: Poultry Production, 1982. 562 p.

SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 303-308, Jan. 1976.

SIBBALD, I. R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Guelph, v. 62, n. 4, p. 983-1048, Jul./Sept. 1982.

SIBBALD, I. R.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v. 42, n. 1, p. 13-25, Jan. 1963.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p.

SILVA, J. M. F. **Composição química e energia metabolizável de ingredientes usados na alimentação de poedeiras e sua utilização em rações de mínimo custo.** 1978. 53 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SONG, G. L.; LI, D. F.; PIAO, X. S.; CHI, F.; WANG, J. T. Comparisons of amino acid availability by different methods and metabolizable energy determination of a chinese variety of high oil corn. **Poultry Science**, Campaign, v. 82, n.2, p. 1017-1023, June 2003.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM. **SAS:** user's guide statistical version 8.1. 4.ed. Cary, 2004. 1 CD-ROM

TUCCI, F. M.; LAURENTIZ, A. C.; SANTOS, E. A. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 85-89, jan./jun. 2003.

VIEIRA, R. O.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; NASCIMENTO, G. A. J.; SILVA, E. L.; HESPANHOL, R. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 36, n. 4, p. 832-838, jul./ago. 2007.

VIEITES, F. M.; ALBINO, L. F.; SOARES, P. R.; MOURA, C. O.; TEJEDOR, A. A. Valores de energia metabolizável aparente de farinha de carne e ossos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p.2292- 2299, nov./dez. 2000. Suplemento 2.

WAN, H. F.; CHEN, W.; QI, Z. L.; PENG, P.; PENG, J. Prediction of true metabolizable energy from chemical composition of wheat milling by-products for ducks. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, n. 1, p. 92-97, Jan. 2009.

WANG, X.; PARSONS, C. M. Dietary formulation with meat and boné meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n. 7, p. 1010-1015, July 1998.

WOLYNETZ, M. N.; SIBBALD, I. R. Relationships between apparent na true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1386-1399, July 1984.

ZANOTTO, D. L.; MONTICELLI, C. J. Granulometria do milho em rações para suínos e aves: digestibilidade de nutrientes e desempenho animal. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1998, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p. 26-47.

ZHAO, F.; ZHANG, H. F.; HOU, S. S.; ZHANG, Z. Y. Predicting metabolizable energy of normal corn from its chemical composition in adult pekin ducks. **Poultry Science**, Campaign, v. 87, n. 8, p. 1603-1608, Aug. 2008.

ZONTA, M. C. M.; RODRIGUES, P. B.; ZONTA, A.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; PEREIRA, C. R. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1400-1407, nov./dez. 2004.