

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES
ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS PARA
AVES UTILIZANDO O PRINCÍPIO DA
META-ANÁLISE**

**GERMANO AUGUSTO JERÔNIMO DO
NASCIMENTO**

2007

GERMANO AUGUSTO JERÔNIMO DO NASCIMENTO

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE
ALIMENTOS PARA AVES UTILIZANDO O PRINCÍPIO DA
META-ANÁLISE**

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

Orientador

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues

**LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2007**

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

Nascimento, Germano Augusto Jerônimo do

Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da meta-análise / Germano Augusto Jerônimo do Nascimento. – Lavras: UFLA, 2007.

199p. : il.

Orientador: Paulo Borges Rodrigues.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Frango de corte. 2. Energia metabolizável. 3. Composição química. 4. Nutrição de monogástrico. 5. Meta-análise. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-636.50855

GERMANO AUGUSTO JERÔNIMO DO NASCIMENTO

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE
ALIMENTOS PARA AVES UTILIZANDO O PRINCÍPIO DA
META-ANÁLISE**

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

APROVADA em 05 de março de 2007.

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas DZO – UFLA

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini DZO – UFLA

Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima DEX – UFLA

Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino DZO – UFV

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues
(Orientador-UFLA)

LAVRAS
MINAS GERAIS-BRASIL
2007

“Levanta o olhar de tua inteligência, usa dos olhos como homem que és, coloca-os no céu e na terra, nas belezas do firmamento, na fecundidade do solo, no vôo das aves, no nado dos peixes, na vitalidade das sementes, na ordenada sucessão dos tempos, põe os olhos nas obras, olha o que vês e eleva-te ao que não vês”.

Agostinho, Santo – Sermão 126,3.

À Deus, pela oportunidade concedida através da nossa vida saudável, para alcançarmos mais esta meta;

Aos meus pais: Benedito do Nascimento e Iraci Jerônimo do Nascimento, pelo imenso amor dedicado aos filhos, pelo carinho, apoio e pelo incentivo em todos os momentos;

Ao meu irmão, Paulo Guilherme Jerônimo do Nascimento, pelo amor e companheirismo, e que, apesar da distância, é muito importante;

Aos meus avós paternos: Francisco José do Nascimento (*in memoriam*) e Eliza do Nascimento (*in memoriam*), e avós maternos: Vicente Jerônimo e Maria Jerônimo de Oliveira, pela preocupação, compreensão e carinho dedicados...

À todos os familiares e amigos.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, grande arquiteto do universo, pelas bênçãos concedidas e por sempre iluminar todos os caminhos no decorrer de nossa vida.

À todos os familiares e amigos, pelo incentivo e apoio constantes.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos durante parte do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de estudos e financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues pela orientação, apoio, ensinamentos e amizade demonstrados em suas orientações no decorrer deste trabalho.

Aos Professores Rilke Tadeu Fonseca de Freitas e Antônio Gilberto Bertechini, pelo auxílio e cooperação como Co-Orientadores, principalmente pela disponibilidade em ajudar sempre e por terem acreditado na nossa capacidade.

Ao Prof. Dr. Renato Ribeiro de Lima, pelas valiosas sugestões e apoio no processamento dos dados experimentais, assim como também pelo incentivo e amizade.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Teixeira Albino, pelo auxílio e cooperação, enriquecendo dessa forma nosso trabalho.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação e do Departamento de Zootecnia, sem exceção, pelos ensinamentos transmitidos e incentivos na nossa formação moral e intelectual.

Aos amigos e funcionários, Carlos Henrique de Souza, Pedro Adão Pereira, Keila Cristina de Oliveira, Suelba Ferreira de Souza, Eliana Maria dos Santos, José Geraldo Virgílio, Márcio dos Santos Nogueira, Luiz Carlos de Oliveira e Gilberto Fernandes Alves.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da UFLA, pela amizade, serviços prestados e boa vontade em ajudar sempre.

Aos amigos e “irmãos” de Pós-graduação, Adriano Kaneo Nagata e Luiz Eduardo Avelar Pucci, por terem juntamente com seus familiares, nos “adotado” com carinho e sempre preocupados com nosso bem-estar, e com nosso futuro.

Aos amigos, Gustavo Freire Resende Lima e Renato Hespanhol, e a todos os estagiários do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFLA, pela intensa participação durante as fases da pesquisa, pelo entusiasmo e dedicação constantes.

À amiga Kênia Ferreira Rodrigues, e a todos os colegas e amigos de Pós-graduação, assim como também aos integrantes do Núcleo de Estudos em Ciência e Tecnologias Avícolas – NECTA, pelo agradável convívio.

A todos aqueles que contribuíram para a concretização deste trabalho e para nossa formação acadêmica.

MEU MUITO OBRIGADO!!!

BIOGRAFIA

Germano Augusto Jerônimo do Nascimento, filho de Benedito do Nascimento e Iraci Jerônimo do Nascimento, nasceu em 09 de fevereiro de 1977, na cidade de Areia/Paraíba.

Concluiu o 1º grau no Colégio Santa Rita em 1991, no município de Areia/Paraíba.

Formou-se Técnico em Agropecuária em 1995 no Colégio Agrícola Vidal de Negreiros do Centro de Formação de Tecnólogos, no município de Bananeiras/Paraíba.

Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em outubro de 2001, no município de Areia/Paraíba.

Em março de 2002, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de concentração Nutrição de Monogástricos, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – UFPB/Areia/Paraíba. Defendendo a Dissertação em 13 de fevereiro de 2004.

Em março de 2004, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, na área de concentração Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Lavras – UFLA/Lavras/Minas Gerais. Obtendo o título de Doutor em Zootecnia no dia 05 de março de 2007.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	II
CAPITULO I	1
1. INTRODUÇÃO GERAL	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS PARA AVES	5
2.1.1. VALORES ENERGÉTICOS DOS ALIMENTOS	5
2.1.2. VARIAÇÕES NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ALIMENTOS	8
2.1.3. FATORES QUE AFETAM A ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS PARA AVES	11
2.1.4. ESTIMATIVA DOS VALORES DE ENERGIA POR MEIO DE EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO	16
2.2. META-ANÁLISE: MÉTODO ESTATÍSTICO PARA ANALISAR DADOS DE ESTUDOS DISTINTOS	23
2.2.1. META-ANÁLISE	23
2.2.2. MODELAGEM DA VARIABILIDADE E FORMAÇÃO DE GRUPOS	24
2.2.3. MODELO DE REGRESSÃO PARA META-ANÁLISE	25
2.2.4. ESTRUTURA DE RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS E OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO	28
2.2.5. ESCOLHA DO FATOR DE PONDERAÇÃO	29
2.2.6. PRINCIPAIS PROBLEMAS NA META-ANÁLISE	29
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPITULO II – EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DE EMAN DE CONCENTRADOS ENERGÉTICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE	44
RESUMO	45
ABSTRACT	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	50

2.1. INFORMAÇÕES UTILIZADAS PARA OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO POR MEIO DA META-ANÁLISE	50
2.2. METODOLOGIA EMPREGADA PARA REALIZAÇÃO DA META-ANÁLISE.	52
2.2.1. CRITÉRIOS EMPREGADOS PARA A CATALOGAÇÃO (INCLUSÃO) DAS INFORMAÇÕES	52
2.2.2. CONVERSÃO DOS RESULTADOS DE CADA ESTUDO PARA UMA MÉTRICA COMUM (DETERMINAÇÃO DE GRUPOS).....	53
2.2.3. FATOR DE PONDERAÇÃO (MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS PONDERADOS).....	55
2.2.4. ESTRUTURA DE RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS E OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
3.1. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA, CORRELAÇÕES E AGRUPAMENTO DE VARIÁVEIS	57
3.1.1. MILHO	57
3.1.2. MILHO E SEUS SUBPRODUTOS ENERGÉTICOS	65
3.1.3. ALIMENTOS ENERGÉTICOS	77
4. CONCLUSÕES.....	94
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
CAPÍTULO III – EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DE EMAN DE CONCENTRADOS PROTÉICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE	101
RESUMO	102
ABSTRACT	103
1. INTRODUÇÃO	104
2. MATERIAL E MÉTODOS	106
2.1. DADOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO POR MEIO DA META-ANÁLISE	106
2.2. METODOLOGIA EMPREGADA PARA REALIZAÇÃO DA META-ANÁLISE.	107
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	108
3.1. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA, CORRELAÇÕES E AGRUPAMENTO DE VARIÁVEIS	108
3.1.1. FARELO DE SOJA.....	108

3.1.2. SOJA MAIS SUBPRODUTOS.....	119
3.1.3. ALIMENTOS PROTÉICOS.....	130
4. CONCLUSÕES.....	143
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	144
CAPITULO IV – EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DE EMAN DE ALIMENTOS CONCENTRADOS ENERGÉTICOS E PROTÉICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE.....	149
RESUMO	150
ABSTRACT	151
1. INTRODUÇÃO	152
2. MATERIAL E MÉTODOS	154
2.1. DADOS UTILIZADOS PARA OBTENÇÃO DAS EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO POR MEIO DA META-ANÁLISE.....	154
2.2. METODOLOGIA EMPREGADA PARA REALIZAÇÃO DA META-ANÁLISE.....	155
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	156
3.1. ANÁLISE DE REGRESSÃO MÚLTIPLA, CORRELAÇÕES E AGRUPAMENTO DE VARIÁVEIS CONSIDERANDO OS ALIMENTOS CONCENTRADOS.....	156
4. CONCLUSÕES.....	172
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173
CAPITULO V – CONCLUSÃO GERAL.....	178
1. EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA VALORES ENERGÉTICOS DOS ALIMENTOS	179
1.1. ALIMENTOS ENERGÉTICOS.....	179
1.2. ALIMENTOS PROTÉICOS	180
1.3. ALIMENTOS CONCENTRADOS.....	182
ANEXOS	184

RESUMO

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da meta-análise**. 2007. 199p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Dentre as metodologias empregadas para avaliação energética dos alimentos, destaca-se o método indireto que utiliza as equações de predição. O presente trabalho foi realizado visando-se obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alimentos concentrados comumente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando o princípio da meta-análise. Foi realizada uma revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos concentrados (proteína bruta-PB; extrato etéreo-EE; matéria mineral-MM; fibra bruta-FB, fibra em detergente neutro-FDN e fibra em detergente ácido-FDA), buscando-se obter equações de predição para estimar a EMAn, utilizando a composição química dos mesmos. Foram considerados os efeitos sexo (código-cód. 1= macho; cód. 2= fêmea e cód. 3= mistos); idade (cód.1= 1ª e 2ª semana de vida; cód. 2= 3ª e 4ª sem.; cód. 3= 5ª e 6ª sem.; cód. 4= acima ou indefinido), e metodologia empregada no ensaio de metabolismo (cód. 1= coleta total de excretas, cód. 2= alimentação forçada + coleta total de excretas). Foi realizado o fatorial entre os códigos dos efeitos (3x4x2), podendo totalizar até 24 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. Foi adotado o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis, incluindo as mesmas na equação em função de suas importâncias, e então utilizou-se o Proc Reg do sistema Statistical Analysis System (SAS), para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. As equações que melhor se ajustaram para os energéticos foram $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ($R^2=0,81$) e $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ ($R^2=0,81$). Para os protéicos foi $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ ($R^2=0,81$). Já para os concentrados, duas se ajustaram $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ($R^2= 0,84$) e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ($R^2= 0, 83$).

¹Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Orientador). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Prediction equations of the energetic values of poultry feedstuffs for utilizing the meta-analysis principle**. 2007. 199p. Thesis (Doctorate in Monogastric Nutrition). Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

Out of the methodologies employed for energy evaluation of the feedstuffs, the indirect method utilizing the prediction equations stands out. The present work was undertaken aiming to obtain prediction equations to estimate the values of corrected apparent metabolizable energy (AMEn) of concentrate feedstuffs commonly utilized in the broiler rations by using the meta-analysis principle. A bibliographical review of the studies realized in Brazil was performed to catalogue informations about AMEn values and chemical composition of concentrate feedstuffs (CP-crude protein; EE-etherial extract; ash; CF-crude fiber; NDF-neutral detergent fiber; ADF-acid detergent fiber), for to obtain the prediction equations for estimate the AMEn, using the chemical composition of them. The effects of sex (code-cod. 1 = male; cod. 2 = female and cod. 3 = mixed); age (cod. 1 = 1st and 2nd week of life; cod. 2 = 3rd and 4th week; cod. 3 = 5th and 6th week; cod. 4 = above or indefinite) and the methodology employed in the metabolism assay (cod. 1 = total collection of excreta and cod. 2 = forced fed plus total collection of excreta) were considered. The factorial among the codes of the effects (3x4x2) was performed, it being able to amount up to 24 groups, which were submitted to the ponderate least squares analysis, the meta-analysis being accomplished. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, including themselves in the equation as related with their importance and then, the Proc Reg of the Statistical Analysis System (SAS) to fit the multiple linear regression model was used. The equations which best fitted to the energetic feedstuffs were $AMEn = 4371.18 - 26.48CP + 30.65EE - 126.93ash - 52.26CF - 25.14NDF + 24.40ADF$ ($R^2 = 0.81$) and $AMEn = 4205.23 + 30.58EE - 130.35ash - 58.29CF - 28.31NDF + 16.71ADF$ ($R^2 = 0.81$). For the proteid feedstuffs, $AMEn = 2707.71 + 58.63EE - 16.06NDF$ ($R^2 = 0.81$). However, for the concentrates, two equations were fitted, $AMEn = 4101.33 + 56.28EE - 232.97ash - 24.86NDF + 10.42ADF$ ($R^2 = 0.84$) and $AMEn = 4095.41 + 56.84EE - 225.26ash - 22.24NDF$ ($R^2 = 0.83$).

¹Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Adviser). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

CAPITULO I

1 INTRODUÇÃO GERAL

O conhecimento do valor nutricional dos alimentos é de grande importância para formular rações que atendam corretamente as exigências das espécies animais. Neste contexto, o conhecimento da digestibilidade dos nutrientes e do conteúdo energético dos alimentos são informações fundamentais para o fornecimento adequado de nutrientes às aves.

Vários métodos têm sido conduzidos na tentativa de obter uma metodologia que melhor estime o valor energético dos alimentos para aves. Basicamente estes métodos podem ser denominados diretos ou indiretos, sendo que o primeiro mede, utilizando o animal, a diferença entre energia consumida e energia excretada. Dentre as metodologias mais empregadas para avaliação dos alimentos para aves, destacam-se os métodos tradicionais de coleta total de excretas (Sibbald & Slinger, 1963), alimentação precisa (Sibbald, 1976a), como também o método indireto que utiliza as equações de predição (NRC, 1994).

Segundo Albino (1980) a importância da obtenção de equações de predição para o valor energético dos alimentos está na dificuldade de efetuar bioensaios e também porque a maioria dos laboratórios não dispõe de calorímetros. Nesse caso, trabalhar com equações geradas a partir de análises químicas simples como fibra bruta, extrato etéreo, proteína bruta, cinzas e amido podem auxiliar o nutricionista. Além disso, mesmo que os laboratórios tenham calorímetros, a execução de ensaios biológicos é dispendiosa e demorada. Nesse caso, a utilização de equações obtidas a partir das análises laboratoriais podem ser de grande valia.

O desenvolvimento de equações de predição para a determinação da energia metabolizável em função do valor da composição química do alimento é importante, uma vez que a mesma pode sofrer grandes variações, de acordo com a espécie e variedade do grão, a origem e as condições climáticas e de solo em que são produzidos, como também podem sofrer interferência das condições de

processamento e de armazenamento (Albino & Silva, 1996a). Nesse caso, seria interessante, para a indústria e para os nutricionistas, que esta medida fosse obtida rapidamente, o que não é possível através de bioensaios. Dessa forma, métodos indiretos de cálculos envolvendo análises químicas e correlacionando aos resultados de ensaios biológicos têm sido propostos (Ost, 2004).

Considerando que a composição química dos alimentos varia em função de todos esses fatores, a necessidade de combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições e diferentes níveis de precisão, para produzir conclusões mais coerentes do que aquelas disponíveis em cada fonte de informação, é muito antiga e o procedimento que utiliza métodos estatísticos para combinar ou comparar resultados de estudos distintos, mas relacionados, é definido como meta-análise (Kirby, 1993), ou conforme definida por Glass (1976), a meta-análise é uma técnica estatística que consiste de uma revisão quantitativa e resumida de resultados de estudos relacionados, mas independentes.

Os seus propósitos são: aumentar o número de observações e o poder estatístico; avaliar a possibilidade de generalizações de conclusões para uma amplitude variada de estudos; examinar a variabilidade entre os ensaios ou estudos; resolver incertezas, quando certas conclusões destoam; realizar análise de subgrupo; identificar a necessidade e planejar ensaios ou estudos maiores; responder questões que não foram propostas, de início, nos estudos individuais (Fagard et al., 1996).

Além de criar o termo, Glass (1976), definiu a meta-análise como "a análise das análises" ou "a análise estatística de uma grande coleção de resultados de análises de estudos individuais com o propósito de completar as descobertas". E advertiu como sendo clara a necessidade da meta-análise pelo grande aumento de artigos sobre o mesmo tópico em todas as áreas das ciências.

Além de estar sendo muito utilizada na área da saúde, a meta-análise é também adotada em Agronomia, Zootecnia, Biologia, Ecologia, Genética, Física, Estatística, entre outras. Apesar de abranger várias áreas da ciência, tem sido pouco utilizada no Brasil, portanto, de qualquer modo fica evidente que a meta-análise pode contribuir grandemente para a questão de combinar diferentes estudos na genética e em outras áreas do conhecimento humano (Giannotti, 2000).

Apesar das críticas e problemas enfrentados pela meta-análise, as evidências indicam que ela é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica, e sua aplicação tem aumentado em todos os campos das ciências (Cooper, 1990).

Diante de tais colocações, o presente trabalho foi realizado com os objetivos de obter equações de predição para determinar os valores energéticos do milho, de subprodutos energéticos do milho, dos alimentos energéticos, do farelo de soja, de subprodutos da soja, dos alimentos protéicos e alimentos concentrados comumente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando para tal fim, o princípio da meta-análise, que agrupa e ajusta as equações preditas em função das composições químicas, encontradas na literatura, para os alimentos em questão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves

2.1.1 Valores energéticos dos alimentos

A necessidade de estimar o valor nutritivo dos alimentos tem suas primeiras referências em meados do século XIX. No entanto, somente um século depois foram apresentados os primeiros trabalhos estimando a digestibilidade dos alimentos. Em 1940 começa-se a estimar o valor energético dos alimentos sob a forma de energia metabolizável (Hill & Anderson, 1958).

Um dos fatores mais importantes a serem considerados na nutrição animal é a energia, produto gerado pela transformação dos nutrientes, durante o metabolismo. 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 Jr. et al., 1998).

De acordo com o NRC (1994), a energia não é propriamente um nutriente, mas sim uma propriedade na qual os nutrientes produzem energia quando oxidados no metabolismo. Segundo Albino et al (1992b), para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos mais importantes é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as aves.

Os valores energéticos dos alimentos para aves podem ser determinados por vários métodos. O método tradicional de coleta total de excretas (Sibbald & Slinger, 1963), o da alimentação precisa (Sibbald, 1976a) e o método rápido de Farrel (1978), destacando também o uso de equações de predição, que se baseiam na composição química dos alimentos. Tais métodos permitem estimar os valores de

energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), energia metabolizável verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn).

O NRC (1994) descreve a EMA como a energia bruta do alimento consumido menos a energia bruta excretada. Como as aves excretam fezes e urina juntos, não é usual a utilização da energia digestível na formulação de rações para aves. Assim, a energia bruta excretada engloba a energia das fezes, da urina e dos gases da digestão, sendo esta última negligível para aves. Nas décadas de 70 e 80, a energia contida nos alimentos para aves foi medida e expressa em termos de EMA (Lima et al., 1989), sendo que, em 1976, Sibbald desenvolveu modificações na metodologia utilizada, de forma a corrigir a energia excretada, considerando as energias fecal metabólica e urinária endógena, obtidas com aves mantidas em jejum, sendo esta então denominada de EMV.

Várias pesquisas foram realizadas para comparar as metodologias utilizadas na determinação dos valores energéticos dos alimentos (Albino et al., 1992a; Dale & Fuller, 1980; Han et al., 1976; Lima et al., 1989; Sibbald, 1976b), avaliar influência da idade da ave utilizada nos ensaios (Shires et al., 1980; Sibbald, 1978; Zelenka, 1997) e corrigir os valores energéticos através do balanço de nitrogênio (Dale & Fuller, 1984; Muztar & Slinger, 1981; Parsons et al., 1982; Sibbald, 1981).

O balanço de nitrogênio (BN) pode ser positivo ou negativo nos ensaios biológicos para determinação dos valores energéticos dos alimentos. A retenção de nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, dentre os quais se incluem o consumo e a composição do alimento fornecido. O nitrogênio dietético retido no corpo, se catabolizado, é excretado na forma de compostos contendo energia, tal como o ácido úrico. Assim, é comum a correção dos valores de EMA para balanço de nitrogênio igual a zero (Sibbald, 1982), podendo-se determinar EMAn e EMVn. Hill & Anderson (1958) propuseram um valor de correção de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido devida esta ser a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado.

Wolynetz & Sibbald (1984) consideraram essencial a correção dos valores energéticos pelo balanço de nitrogênio, cujas variâncias dos valores de EMAn e EMVn normalmente são menores que aquelas obtidas para EMA e EMV, respectivamente. No entanto, segundo os referidos autores, estas diferenças tendem a reduzir quando o consumo de alimento aumenta. Dale & Fuller (1984) observaram uma relação positiva entre o conteúdo de proteína dos alimentos e a magnitude de diferença entre os valores de EMV e EMVn determinados.

A correção pelo BN, por sua vez, também tem sido alvo de crítica de alguns autores que alegam que as aves em jejum teriam um metabolismo basal mais acentuado, elevando seu metabolismo protéico. Este aumento de excreção protéica superestimaria o nitrogênio e a energia das aves em jejum (Askbrant & Khalili, 1990), subestimando os valores de EMV e EMVn. Dessa forma, Sibbald & Morse (1983) sugerem o fornecimento de glicose para as aves em jejum.

De qualquer modo, o BN pode reduzir erros de variação na estimativa de energia metabolizável na ordem de até 40%, dependendo do tipo de alimento (Dale & Fuller, 1984). Ainda segundo esses autores, a repetibilidade dos valores de EMV e EMVn é alta em alimentos como milho e farelo de soja, o que os levou a concluir que as duas medidas são altamente reproduzíveis.

De acordo com Shires et al. (1980), embora os valores de EMV e EMVn sejam, de certa forma, maiores que os de EMA e EMAn, os resultados obtidos nos ensaios de alimentação precisa podem ser perfeitamente empregados na formulação de rações para frangos em crescimento. Testando a aplicabilidade do uso da EMV na formulação de rações, Dale & Fuller (1982) concluíram que a EMV reflete com maior segurança os valores energéticos dos alimentos, comparados aos valores de EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn). No entanto, Parsons et al. (1982), avaliando os efeitos da correção de energia da

excreta pelo balanço de nitrogênio, usando galos e poedeiras, concluíram que os valores de EMA com correção parecem mais precisos que os de EMV.

Estudos realizados por Albino et al. (1992a), quando avaliaram rações formuladas com valores de EMAn e EMVn determinados com pintos e galos, mostraram que os valores determinados com pintos ajustaram-se melhor ao desempenho das aves no período de 1 a 28 dias de idade, e no período de 29 a 42 dias, os dois métodos foram adequados.

2.1.2 Variações na composição química dos alimentos

A formulação de rações envolve um criterioso uso de alimentos e subprodutos, combinados de forma que possam fornecer quantidade adequada dos nutrientes requeridos pelas aves. A realização de análises para determinar a composição química completa dos ingredientes utilizados na formulação, é onerosa e impraticável por ser demorada e, muitas vezes, trabalhosa, levando ao constante uso de tabelas e matrizes de composição, determinadas em laboratórios (NRC, 1994). Segundo Silva (1978), na formulação de rações, a composição dos ingredientes e seus respectivos valores energéticos devem ser os mais exatos possíveis, justificando a determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável dos alimentos nacionais, comumente utilizados na formulação de rações de mínimo custo.

No passado, era comum no Brasil o uso de tabelas estrangeiras para se obterem os valores de composição química e energética dos alimentos. Na década de 40, nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) iniciou uma série de publicações sobre as exigências nutricionais de várias espécies. Em 1959, a entidade lançou tabelas sobre composição dos alimentos, periodicamente revisadas (Rostagno et al., 1999). Assim, pela inexistência de dados nacionais, por vários anos foram, e continuam muitas vezes sendo utilizados, os valores de composição de

alimentos e recomendações nutricionais de tabelas publicadas nos Estados Unidos (Scott et al., 1982; NRC, 1994) e em outros países (Degussa, 1993; INRA, 1984; ITCF, 1995; Rhone Poulenc, 1993).

Na década de 70, Campos (1974) publicou em português uma tabela com dados compilados de várias instituições estrangeiras, o que facilitou o cálculo de rações pelos nutricionistas brasileiros. Entretanto, a partir da década de 80 houve intenso esforço de pesquisadores, havendo início da publicação de tabelas brasileiras na composição de alimentos para aves e suínos (Embrapa, 1983; Embrapa, 1985; Rostagno et al., 1983), sendo as mesmas atualizadas e reeditadas no início da década 90 (Embrapa, 1991 e Rostagno et al., 1992).

Para uma maior precisão na formulação e balanceamento das rações, é imprescindível o conhecimento da composição química e de valores energéticos dos alimentos, bem como de suas limitações de uso. Ressaltam-se ainda as possíveis variações relacionadas a solos, clima e subprodutos industriais, que podem apresentar grandes variações na sua composição, comprometendo a formulação (Albino & Silva, 1996a).

A composição química dos alimentos é bastante variável, sendo relacionada com a espécie e variedade do grão, origem, condições climáticas e de solo em que são produzidos. Além destes fatores, os alimentos podem sofrer interferência das condições de processamento e armazenamento (Albino & Silva, 1996a).

Assim, vários trabalhos vêm sendo conduzidos nos últimos anos, avaliando alimentos comumente utilizados na formulação de rações para aves, com o objetivo de atualizar as tabelas existentes, tornando-as mais completas e, possivelmente, com valores de nutrientes digestíveis, como aminoácidos (Albino, 1991; Azevedo, 1996; Fischer Jr. et al., 1998; Nunes, 1999; Pupa, 1995; Rostagno, 1990; Rostagno et al., 2000).

Albino (1991), comparando a composição química e níveis energéticos de diversos alimentos, observou uma grande variação nos valores inerentes aos subprodutos de origem animal. Segundo esse autor, as variações ocorrem devido aos diferentes métodos de processamento e pela falta de padronização dos produtos nacionais. Segundo Dale (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, além das variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos.

Segundo Lima et al. (2000), as estimativas obtidas com outros grãos podem ser extrapoladas para o milho. Num trabalho testando híbridos comerciais de milho, coletados em diferentes propriedades do Rio Grande Sul, na safra de 1998 e 1999, estes mesmos pesquisadores observaram uma grande variabilidade no teor de proteína bruta, dentro da mesma variedade (AG122: 6,84 – 11,95%; AG9014: 7,48 – 12,33%; P3063: 6,92 – 10,98%; Premium: 7,51 – 10,96%) e que esta variabilidade não se repetiu quando foram considerados os aminoácidos lisina (0,25- 0,28%; 0,26 – 0,28%; 0,27 – 0,28%; 0,26 – 0,27%, respectivamente) e metionina (0,28 – 0,31%; 0,27 – 0,29%; 0,27 – 0,29%; 0,26 – 0,30%, respectivamente). Com isso, esses autores concluíram que o aumento no teor de proteína bruta pode ser devido a um aumento de nitrogênio não protéico proveniente da adubação nitrogenada.

As variações nos valores de composição química dos alimentos são sempre esperadas, uma vez que variedades melhoradas geneticamente estão sempre sendo apresentadas ao mercado. Além das variações provenientes dos ingredientes, as várias técnicas de processamento originam subprodutos com uma composição química bastante variada.

A diversidade de alimentos e seus subprodutos utilizados na formulação de rações são indicativos da necessidade de se conhecerem, cada vez mais, os seus valores nutritivos e energéticos, objetivando seu melhor aproveitamento e

utilização de forma mais racional, sendo a precisão dos valores de composição química, energética e digestibilidade de nutrientes, além de necessária, primordial na busca da redução dos custos e de uma melhor produtividade (Azevedo, 1996).

2.1.3 Fatores que afetam a energia metabolizável dos alimentos para aves

Primariamente, os teores de energia dos alimentos são afetados pela concentração de nutrientes dos mesmos, onde alimentos com altos teores de lipídeos ou de carboidratos apresentam maiores valores de energia metabolizável que aqueles ricos em proteína ou fibra (Borges et al, 1999). Longe & Tona (1988) encontraram valores de energia metabolizável verdadeira (com base na matéria seca) variando de 3800 a 4000 kcal /kg para cereais (milho e sorgo), 3450 a 3680 kcal /kg para tubérculos (batata e mandioca), 3000 a 3110 kcal /kg para concentrados de origem animal (farinha de sangue e farinha de peixe) e 8280 a 8850 kcal /kg para óleos vegetais (óleo de palma e óleo de coco).

Segundo Longe & Ogedegbe (1990), o teor de fibra da dieta tem grande influência na EM da mesma, o que os levou a avaliar os efeitos da diluição da energia na dieta utilizando sabugo de milho como fonte de fibra (50 a 100 g/kg de dieta) sobre a maturidade sexual de frangas. As aves receberam as dietas entre 9 e 21 semanas de idade. Como resultado a energia metabolizável aparente decresceu de 2820 a 2340 kcal/kg de dieta com o aumento de fibra detergente ácido de 182 a 330 g/kg. Todas as dietas apresentavam proteína constante e os consumos não foram afetados pelo tratamento. Entretanto, a retenção aparente de nitrogênio foi significativamente diminuída nas aves recebendo dietas com 200 g de sabugo. Além disso, segundo Carré et al. (1984) e Jorgensen et al. (1996), a composição da fibra também pode alterar a EM.

Segundo Borges (1997), os polissacarídeos não amiláceos (PNA) presentes na fibra de alguns grãos têm, no trato gastrointestinal, três efeitos negativos sobre o valor energético da dieta: tornam inacessíveis os nutrientes que se encontram no interior das células e impedem o acesso das enzimas (endógenas), necessário para sua degradação; provocam gelificações que dificultam a digestão e reduzem a absorção dos nutrientes; esta formação de gel conduz a uma grande viscosidade do bolo alimentar, diminuindo o trânsito da digesta através do intestino e exercendo um efeito negativo sobre o consumo de ração.

De acordo com Bedford (1991), os PNA presentes nestes alimentos, formam, em dissolução, soluções viscosas agregadas em grandes redes ou estruturas de malhas como resultado de uniões de vários polímeros, muito grandes. Para destruir tais redes não é necessário digerir completamente os complicados polímeros mas, somente romper determinadas ligações, de forma a não permitir que se associem novamente.

A proporção entre PNA da dieta pode alterar a energia metabolizável da mesma e os PNA compreendem, entre outros, as arabinoxilanas, as beta-glucanas e pectinas. Flores et al. (1994) citam que assim como existe uma relação positiva entre amido e energia, ocorre uma relação negativa entre EM e pentosanas solúveis em água.

Miller et al. (1994) ao avaliarem os efeitos do tipo de amido, β -glucanas totais e níveis de fibra detergente ácido (FDA) sobre a energia da cevada para aves (EMVn) e suínos (ED), verificaram que o aumento de β -glucanas de 3,4 para 6,8% diminuiu a EMVn de 3248 para 2855 kcal/kg e a ED de 3679 para 3542 kcal/kg. Da mesma forma, um aumento de FDA de 2,1 a 12% reduziu a EMVn de 3301 a 2630 kcal/kg e a ED de 4018 a 3247 kcal/kg. Esses dados sugerem que a FDA tem maior efeito na depressão da energia da cevada para aves e suínos que o conteúdo de β -glucanas totais. Essas, por sua vez, têm maior efeito depressor da energia dos alimentos para aves do que para suínos.

Outros princípios antinutritivos, como os taninos no sorgo, podem modificar os valores de energia metabolizável do alimento. Rostagno et al. (1977) determinaram a energia metabolizável de dois tipos de sorgos (com tanino e sem tanino) e encontraram valores mais altos de EMn para o sorgo sem tanino. Os pesquisadores recomendam pelo menos o uso de dois valores de energia metabolizável, de acordo com o conteúdo de tanino do sorgo. Ravindran e Rajaguru (1985) avaliaram a EMn das farinhas de folhas de mandioca sem destoxicar e destoxicada, encontrando valores de 3197 e 3805 Kcal/kg, respectivamente. Esta diferença sugere que os glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca interferem na utilização de energia para aves.

Alguns pesquisadores verificaram que os valores de EM dos alimentos pode ser também influenciada pela genética (Sibbald, 1976a), pela idade da ave (Freitas, 2003; Menten et al., 2002), pelo processamento dos ingredientes (Freitas, 2003), pelas variações de amostragem e pelos níveis nutricionais das dietas (Albino, 1980). Charalambous & Daghli (1976) indicaram a idade das aves como um dos fatores responsáveis por diferenças encontradas nos valores de energia metabolizável para aves alimentadas com polpa de beterraba. Esses autores citam que, além da idade, a estação do ano também pode interferir nos valores de EM. Em quatro experimentos feitos com pintos e poedeiras, no inverno e no verão, utilizando-se vários alimentos, os autores encontraram interações significativas entre idade e estação do ano, idade e alimento, alimento e estação do ano, com relação aos efeitos sobre a EM.

Rezende et al. (1980) e Shires et al. (1980) chegaram a conclusões semelhantes, relatando que aves adultas, em geral, utilizaram mais energia que pintos, quando alimentadas com dietas altas em fibra. Da mesma forma, Petersen et al. (1979), avaliando uma série de alimentos (cevada, casca de cevada, farelo de trigo, farinha de alfafa, farinha de peixe, farinha de camarão, farinha de soja, farinha de girassol e feijão) para poedeiras (Leghorn com 60 semanas de idade) e frangos de

corte (4 semanas de idade), encontraram maiores níveis de energia quando os alimentos foram testados com as poedeiras.

De acordo com Colnago et al. (1979), McNab (1996) e Mittelstaedt & Teeter (1993), a composição química de alimentos oriundos de diferentes regiões e cultivares apresenta, geralmente, grandes variações, com alterações consequentes nos seus valores de energia. A qualidade da proteína pode influenciar os valores de EM. Em estudo conduzido por Sibbald et al. (1959) citado por Albino (1980), verificou-se que a EM do milho era maior quando o mesmo era incluído em uma dieta basal que continha glúten de milho quando comparado ao ser incluído em dietas que continham farinha de carne ou farelo de soja..

Os processamentos dos alimentos, mesmo os mais simples, como moagem, também podem afetar os valores de EM, tanto positiva quanto negativamente. Sibbald (1982) avaliou os efeitos da moagem de variedades de cevada descascada. As cevadas finamente moídas apresentaram valores de EMV menores que aquelas moídas grosseiramente.

Os métodos de determinação de valores de EM podem afetar os resultados, sendo que são citados como métodos bastante precisos o da coleta total e o uso de óxido de cromo como indicador. Entretanto, Sibbald et al. (1960) citado por Rezende et al. (1980) encontraram dados mais precisos com a utilização de indicadores. Pesti et al. (1986) avaliaram a influência de métodos de determinação nos valores de EM de farinha de subprodutos avícolas, encontrando diferenças significativas entre metodologia tradicional e Sibbald. Além dos métodos, a falta de uniformidade dos laboratórios e institutos de pesquisa permite a obtenção de resultados distintos para a EM de um alimento, quando se utiliza uma mesma metodologia (Bourdillon et al., 1990).

A idade da ave é outro fator que pode influenciar os valores de EM dos alimentos. A influência da idade da ave no processo de digestão está relacionada à maturação dos órgãos que compõem o sistema digestório, incluindo a

produção de enzimas digestivas, como a lipase, amilase e as proteases (Nitsan et al., 1991). Avaliando o efeito da idade dos frangos de corte na determinação da EM do óleo ácido de soja, Freitas (2003) observou maiores valores para galos (EMA: 7913, EMAn: 8610) do que para pintos (EMA: 7679, EMAn: 7488). Menten et al. (2002) também observaram resultados inferiores aos propostos pela literatura para a EM do milho e farelo de soja determinados com pintos na primeira semana.

Buscando o melhor aproveitamento da energia dos alimentos, alguns processamentos como a extrusão, a micronização e o cozimento, entre outros, têm sido utilizados objetivando a modificação da estrutura inicial das moléculas dos nutrientes, proporcionando melhor atuação dos complexos enzimáticos e no processo de digestão como um todo (Moreira et al., 2001). Plavnik & Sklan (1995) estudando os efeitos dos tratamentos térmicos, extrusão e expansão de dietas à base de milho, verificaram maiores valores de EMAn para as dietas extrusadas.

Freitas (2003) observou comportamento semelhante para a EMAn da soja extrusada em relação à soja desativada, determinados com diferentes metodologias, evidenciando o efeito do processamento na EMAn, onde para o método tradicional determinados com pintos, observou-se que a soja extrusada obteve valores de EMAn superiores à soja desativada. Para a determinação da EMAn com galos, utilizando-se os métodos tradicional e sibbald, o comportamento foi idêntico, sendo em ambas metodologias, os valores de EMAn superiores para a soja extrusada.

2.1.4 Estimativa dos Valores de Energia por Meio de Equações de Predição

A relação entre necessidade energética e consumo, segundo Sibbald (1981), é a pedra fundamental da formulação prática de rações, uma vez que a relação nutriente/energia é predeterminada, ou seja, o consumo de nutrientes pode ser regulado. No entanto, a efetividade desse método de formulação de rações é dependente da precisão obtida nas determinações dos valores de EM dos alimentos, que representa a energia disponível nos alimentos para aves.

Vários trabalhos têm sido realizados visando estimar os valores de energia dos alimentos através de métodos indiretos. No entanto, 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 de ração e estações de pesquisa do país.

Assim, a disponibilidade de equações de predição, que é um método indireto de determinação de EM, mediante o uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos para uso prático, pode ser uma importante ferramenta 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 das rações (Albino & Silva, 1996a).

Estas equações de predição, portanto, são importantes para complementar os valores das tabelas, também se aplicando como complementação ao conhecimento dos ingredientes nacionais, já que os valores obtidos na análise dos ingredientes diferem, em alguns pontos, dos valores obtidos nas tabelas estrangeiras (Azevedo, 1996).

De acordo com Sibbald (1982), apesar do grande esforço feito em buscar equações de predição, nem toda tentativa de relacionar composição química e energia tem obtido sucesso. Muitas equações, aparentemente boas, às

vezes não respondem satisfatoriamente quando testadas com dados independentes, onde a variabilidade das técnicas analíticas pode estar interferindo.

A equação de predição é uma importante ferramenta para formulação de ração já que os demais métodos necessitam realizar um ensaio biológico e dependem de metodologias de difícil execução pela indústria, além do maior tempo para obter os resultados. Porém, Sibbald (1981) critica o método uma vez que todas as proteínas, carboidratos ou gorduras dos alimentos são considerados igualmente digestíveis.

Normalmente os valores de composição dos alimentos utilizados na formulação de rações são baseados em tabelas (NRC, 1994; Rostagno et al., 2000; Rostagno et al., 2005). Entretanto, a composição dos alimentos, principalmente dos subprodutos de origem animal e vegetal, são bastante variáveis entre as tabelas mencionadas. Segundo Rostagno (1990), estas diferenças podem ser atribuídas às diferentes proporções e tipos de matérias primas utilizadas e também às diferenças no processamento destes alimentos.

Segundo Sakomura & Silva (1998) os conteúdos em nutrientes de vários cereais encontrados nas tabelas de composição não são confiáveis para a formulação de rações e entre os fatores que determinam essa diversidade pode-se citar a variedade do grão. Vohra (1980) citado por Sakomura & Silva (1998) observou diferenças nos valores de energia metabolizável, de 3180 a 3920 Kcal /kg de MS, entre variedades de sorgo.

Dessa forma torna-se inseguro para a indústria utilizar os valores de tabela e seria extremamente oneroso e difícil submeter todas as partidas de matéria prima a ensaios "in vivo". Uma vez que estas mesmas indústrias podem obter com relativa facilidade determinações químicas, como teor de proteína, fibra, extrato etéreo, etc. A utilização de regressões baseadas nessas análises poderia ser de grande valia. Assim, de acordo com Sakomura & Silva (1998), vários pesquisadores têm obtido equações de

predição para estimar o conteúdo de energia dos ingredientes com base na composição química.

Nunes et al. (2001) comparam a EMAn do farelo de trigo, trigo grão e triguilho, determinada em ensaios biológicos, com os valores determinados pelas equações de predição. Os autores observaram que as equações de predição que melhor estimaram os valores de EMAn para estes ingredientes foram aquelas que consideraram como variáveis independentes, os conteúdos de proteína bruta juntamente com a fibra em detergente neutro ($EMAn = 4754.02 - 48,38*PB - 45.32 * FDN$) e, ou, fibra detergente neutro ($EMAn = 3994,87 + 48,82 * FDN$), ambas com R^2 de 98%.

Lodhi et al. (1976) conduziram uma série de cinco ensaios de metabolismo para determinar a digestibilidade do nitrogênio e o conteúdo de energia metabolizável de vários alimentos ricos em proteína para aves e, a partir dos resultados obtidos e das análises bromatológicas dos alimentos, determinaram algumas regressões lineares simples e múltiplas. A quantidade de proteína, sua digestibilidade e o conteúdo de fibra bruta foram os fatores primários na predição da energia metabolizável. A equação de regressão simples obtida foi $EM (Kcal/kg) = 32,95 (\%PB + \% EE + \% \text{ de carboidratos disponíveis}) - 29,20$, sendo o carboidrato disponível a soma dos carboidratos solúveis mais o amido residual.

Já a equação de regressão múltipla apresentou-se da seguinte forma: $EM (Kcal/kg) = 370,29 + 24,47PB + 65,77EE + 44,07 \text{ carboidrato disponível} - 8,15 FB$. Os coeficientes de determinações das equações de regressões lineares simples e múltiplas foram 0,72 e 0,73%, respectivamente, indicando que a vantagem em utilizar a regressão linear múltipla em relação à simples é pequena, nesse caso em particular. Por outro lado, a utilidade das equações para avaliações de rotina em alimentos para aves é visível, uma vez que os

parâmetros requeridos para a predição da energia metabolizável podem ser analisados muito rapidamente.

Sibbald & Price (1977) discordam da afirmação de Lodhi et al. (1976), baseados em um experimento em que foram obtidas a EMA e EMV de 30 amostras de trigo e 28 de aveia, as quais foram comparadas com valores de EM preditos por dados químicos e físicos obtidos dos grãos. Os autores afirmam que as comparações entre os valores preditos e observados para o trigo, tanto para a EMA quanto para EMV, mostram que as predições apresentaram pouca precisão e acurácia para uma aplicação prática.

Por sua vez, Carré et al. (1984) avaliaram 48 dietas com diferentes valores nutricionais com o objetivo de desenvolver equações de predição para a EMAn, de alimentos utilizados rotineiramente para aves. Além disso, foi avaliada a eficiência de diferentes indicadores de fibra (fibra bruta - FB, fibra detergente ácido - FDA, lignina, fibra detergente neutro - FDN e parede celular - PC) como preditores dos valores de EMAn. A medida mais eficiente foi obtida utilizando-se o conteúdo de parede celular, obtida por procedimento enzimático (pronase e α -amilase). As melhores combinações de variáveis foram, em ordem decrescente, EB, PB e PC; EE, cinzas e PC; e, por último, EE, PC, amido e açúcar.

Já Campbell et al. (1986) utilizaram oitenta e seis dietas avícolas para desenvolver equações de predição para a EMV, EMVn e EMAn. A energia bruta das dietas apresentou alta correlação somente com o extrato etéreo; entretanto, a predição das perdas energéticas nas excretas melhorou substancialmente quando dois itens eram incluídos: fibra (na forma de fibra bruta, fibra detergente neutro ou fibra detergente ácido) e cinzas. Uma outra composição com amido e proteína apresentou uma predição similar àquela anteriormente mencionada. As equações de predição foram mais acuradas para a EMVn quando comparadas às

predições para a EMA. A fibra em detergente neutro foi menos satisfatória como preditor que a fibra em detergente ácido e a fibra bruta.

Zhang et al. (1994), investigando a viabilidade de prever a EMVn da cevada a partir de análises químicas, encontraram correlações negativas com a FDN e positivas com a densidade do grão, sendo o coeficiente de determinação da equação de 78%. Relações significativas também existiram entre a EMVn e o conteúdo de amido e lipídios, mas somente 7 – 8% das variações nessa medida foram devidos a essas variáveis. A inclusão da FDN, EB, gordura, proteína e amido em uma equação de regressão linear múltipla resultou em um ligeiro decréscimo do desvio padrão e em um aumento do coeficiente de determinação (R^2).

Han et al. (1976) citam que existe uma relação linear entre matéria seca metabolizável (MSMA) e alimentos ricos em carboidratos, proteínas e lipídios, sugerindo as seguintes equações ajustadas: alimentos ricos em carboidratos: $EM = 0,0947 MSMA - 3,498$ ($R^2 = 0,99$); alimentos ricos em proteínas: $EM = 0,1294 MSMA - 4,898$ ($R^2 = 0,99$) e alimentos ricos em lipídios: $EM = 0,0844 MSMA + 0,774$ ($R^2 = 0,99$).

Avaliando a composição química e os valores de energia metabolizável em vários alimentos, Silva (1978) estimou as equações de predição, concluindo que estas são melhores estimadas quando os valores de fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral são incluídos na estimativa. Por outro lado, conduzindo experimentos para determinar os valores de EMAn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, através de regressões múltiplas, Pesti et al. (1986) observaram ajustes das equações com R^2 de 90%, quando combinaram, duas a duas, as variáveis cinzas, proteína bruta, cálcio e fósforo.

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 apresenta uma série de equações de predição dos valores de EMAn para vários grupos de alimentos. O autor ressalta, entretanto, que para alimentos cuja composição química varia muito em relação à média apresentada, as equações estimadas podem levar à predição de resultados diferentes.

Determinando equações para predizer a EMAn de óleos e gorduras, Huyghebaert et al. (1988) notaram bons ajustes quando utilizaram parâmetros químicos simples ou combinados em regressão múltipla. Para Dale et al. (1990), embora as equações de predição desenvolvidas descrevam a relação entre a composição proximal e valores de EMVn de um grupo inicial de amostras, aquela equação não pode, necessariamente, ser assumida como útil em predizer a EMVn de amostras futuras, sendo necessário testar a confiabilidade da estimativa. Assim, testando novas amostras, estes autores observaram que a variação da EMVn pelas equações preditas foi menor que a daquelas determinadas.

Dolz & De Blas (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (proteína bruta e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn para a farinha de carne e ossos. Dale et al. (1990), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de 4 países diferentes, e elaboraram equações para predizer a EMVn, de acordo com o conteúdo de extrato etéreo e cinzas, cuja diferença média entre 22 dados obtidos *in vivo*, para os resultados preditos, foi de 3,4 %. As equações de predição foram desenvolvidas com base em uma, duas e três variáveis, sendo a melhor equação obtida quando se incluiu extrato etéreo e matéria mineral.

Borges et al. (1999) trabalharam com sete alimentos oriundos do trigo, estimando equações para prever o valor energético (EMA, EMAn, EMV e EMVn) desses alimentos a partir da análise bromatológica. Estes pesquisadores constataram que a FB foi a variável que melhor relacionou-se com os valores de energia metabolizável. Porém, este valor isolado não foi suficiente para uma boa estimativa dos valores energéticos (R^2 abaixo de 80%). Quando somada ao EE e à PB aumentou-se a precisão das equações, com valores para o R^2 acima de 90% na maioria das equações.

No entanto, Nunes (1999) também estimou equações para prever a EMA e EMAn do trigo e alguns subprodutos, observando que a equação composta pela PB e FDN foi a que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMAn. O autor ainda ressalta que equações com duas a quatro variáveis podem ser usadas com maior facilidade, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

Em trabalhos conduzidos por Rodrigues (2000) foi determinada energia metabolizável (aparente e verdadeira) de 19 alimentos (entre amostras de milho, subprodutos e milheto, em um grupo, e amostras de soja e subprodutos em outro), utilizando-se o método tradicional de coleta de excretas com pintos e o de alimentação forçada, com galos adultos. A partir dos resultados experimentais obtidos, ajustaram-se equações para prever os valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, em função da composição dos alimentos de cada grupo. As equações com duas a quatro variáveis fizeram boas predições dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, explicando mais de 91% das variações nos valores de EMAn e EMVn obtidos com pintos e galos, respectivamente.

Como pode ser observado, as variáveis a serem incluídas nas equações e que quantificam os nutrientes, variam muito, principalmente de alimento para alimento. Isso evidencia a necessidade de se trabalhar com equações distintas

para cada alimento ou para grupos de alimentos semelhantes. Sem dúvida, de acordo com Albino & Silva (1996a), o uso das equações, apesar de ser um método indireto de estimar os valores de energia metabolizável dos alimentos, com base na sua composição química e física, pode ser útil para aumentar a precisão na formulação de rações, corrigindo a energia dos alimentos em função da variação na sua composição.

Janssen (1989) e Janssen et al. (1979) citados pela NRC (1994) publicaram equações de predições, que predizem valores energéticos do milho e farelo de soja, como sendo as mesmas ajustadas da seguinte forma: $EMAn = 36,21PB + 85,44EE + 37,26ENN$; e $EMAn = 2,702 - 57,4FB + 72,0EE$; para o milho e farelo de soja respectivamente.

No entanto, apesar de sua utilidade, o NRC (1994) aponta para o fato de que nenhum estudo compara as equações estimadas com valores determinados posteriormente, ou seja, não há validação das equações em condições diferentes daquelas em que elas foram desenvolvidas, sendo portanto imprescindível essas validações para que as equações sejam mais concretas e confiáveis perante a comunidade científica.

2.2 Meta-análise: método estatístico para analisar dados de estudos distintos

2.2.1 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 (Glass, 1976). Os métodos estatísticos empregados na meta-análise asseguram a obtenção de uma estimativa combinada e precisa, sobretudo, em virtude do aumento do número de observações e,

conseqüentemente, do poder estatístico e da possibilidade de examinar a variabilidade entre os estudos (Fagard et al., 1996).

Como são analisados em conjunto resultados obtidos em trabalhos distintos, nesta análise considera-se o efeito de diferentes fatores que interferem diretamente na variabilidade dos resultados como: época do ano e ano de realização do trabalho, local de execução do experimento, idade e sexo dos animais utilizados, número de repetições e metodologia utilizada na determinação da variável resposta, dentre outros. De acordo com Giannotti (2004), um ponto fundamental na meta-análise é essa variabilidade existente entre os estudos.

Na pesquisa científica é crescente o número de artigos similares conduzidos e publicados nas diversas áreas do conhecimento, gerando interesse, muitas vezes, de realizar síntese destes resultados (Fagard et al., 1996). Assim, a aplicação da meta-análise tem aumentado em vários campos das ciências, tais como: Agronomia (Martins, 2001), Ciências Sociais (Glass, 1976), Ecologia (Curtis & Wang, 1998), Medicina Veterinária (Peters, et al., 2000), Melhoramento Animal (Giannotti et al., 2002), e Nutrição Animal (Oetzel, 1991).

2.2.2 Modelagem da variabilidade e formação de grupos

Uma possível solução para se resolver essa questão seria incorporar na análise, a variabilidade existente entre os estudos (Li & Begg, 1994; Li, 1995). Assim, pode-se definir diferentes pesos a vários grupos de trabalhos e executar a análise de todo o conjunto de estudos. Portanto, a definição dos diferentes grupos, formados por estudos mais homogêneos, é um aspecto importante na meta-análise.

A técnica multivariada de análise de agrupamento é uma das maneiras de se obter os grupos homogêneos, pois esta técnica possibilita reunir os estudos em questão, em um determinado número de grupos, de tal forma que exista grande homogeneidade dentro de cada grupo e heterogeneidade entre os grupos (Johnson & Wichern, 1998).

Uma outra forma para a formação dos grupos seria considerar fatores que influenciam na variabilidade dos resultados e, assim, definir grupos de estudos que tenham em comum os mesmos níveis dos fatores. No caso específico da predição de valores energéticos de alimentos para aves, estes são influenciados por alguns fatores como sexo e idade dos animais utilizados nos experimentos e metodologia empregada nos ensaios de metabolismo para se determinar a energia metabolizável aparente em ensaios biológicos, dentre outros. Assim, tem-se interesse de que os trabalhos sejam agrupados de acordo com a combinação dos níveis desses fatores.

2.2.3 Modelo de regressão para meta-análise

A análise de regressão pode ser usada para se determinar a relação entre estudos com características contínuas e estimativas do tamanho do efeito (Giannotti, 2000).

De acordo com Hedges & Olkin (1985), considere uma série de k estudos independentes, em que o i -ésimo estudo produz uma estimativa $\hat{\theta}_i$ do tamanho do efeito θ_i , $i = 1, \dots, k$. O termo *tamanho do efeito*, do inglês *effect size*, é bastante utilizado em meta-análise e, segundo Hedges & Olkin (1985), refere-se, no caso de experimentos, à diferença entre médias, padronizada. Para o caso

de um modelo linear geral, pode-se assumir que a diferença entre médias padronizada, θ_i , para o i -ésimo experimento é dependente de uma vetor de variáveis fixas (variáveis independentes), X_i , tal que $X_i' = [X_{i1} X_{i2} \dots X_{ip}]$. Assim, considerando k estudos independentes, pode-se definir

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + \dots + \beta_p X_{1p}, \\ \theta_2 &= \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_p X_{2p}, \\ &\vdots \\ \theta_k &= \beta_1 X_{k1} + \beta_2 X_{k2} + \dots + \beta_p X_{kp},\end{aligned}$$

em que: $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ são coeficientes de regressão desconhecidos.

Portanto, assume-se um modelo de regressão linear,

$$\theta = X\beta, \tag{1}$$

em que θ é um vetor coluna, tal que $\theta' = [\theta_1 \ \theta_2 \ \dots \ \theta_k]$, X é uma matriz de delineamento $k \times p$, assumida como não tendo colunas linearmente dependentes e β um vetor coluna $p \times 1$, com os coeficientes de regressão, isto é, $\beta' = [\beta_1 \ \beta_2 \ \dots \ \beta_p]$.

Partindo-se do modelo apresentado em (1) e considerando o raciocínio utilizado na análise de regressão por mínimos quadrados ordinários, pode-se definir o modelo

$$\hat{\theta} = X\beta + \varepsilon, \tag{2}$$

em que $\varepsilon = \hat{\theta} - \theta$, é um vetor de erros. Uma vez que $\varepsilon = \hat{\theta} - \theta$, a distribuição de ε é aproximadamente normal multivariada, com vetor de médias 0 e matriz de covariância diagonal Σ , dada por:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{\theta_1}^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{\theta_2}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{\theta_k}^2 \end{bmatrix}.$$

Assim, os elementos de ε são independentes, mas não identicamente distribuídos.

De acordo com Hedges & Olkin (1985) não é possível estimar β , a partir do modelo dado em (2), porque Σ depende do vetor de parâmetros desconhecidos θ . Porém, pode-se obter $\hat{\beta}$ utilizando $\hat{\Sigma}$, obtida substituindo-se $\sigma_{\theta_i}^2$, na matriz Σ , por $\hat{\sigma}_{\theta_i}^2$.

Assim, o estimador de mínimos quadrados generalizados de θ , $\hat{\theta}$, é dado por

$$\hat{\beta} = (X' \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} \hat{\theta}. \quad (3)$$

Se o tamanho amostral for suficientemente grande, pode-se aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança para componentes do vetor β , considerando que $\hat{\beta}$ tenha distribuição aproximadamente normal. Porém é bastante trabalhoso. Uma alternativa mais simples de se estimar β e aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança consiste em efetuar as análises considerando mínimos quadrados ponderados.

Numa análise por mínimos quadrados ponderados, definindo-se X como a matriz de delineamento, y como o vetor de observações e W como uma matriz

diagonal com os pesos, tem-se que o estimador de mínimos quadrados ponderados de β_w , partindo-se do modelo linear $y = X\beta$, é dado por

$$\hat{\beta}_w = (X' W X)^{-1} X' W y. \quad (4)$$

Comparando as equações (3) e (4), observa-se que $\hat{\beta}$ é um caso particular de $\hat{\beta}_w$, apenas substituindo a matrix W , em (4), por $\hat{\Sigma}^{-1}$ e y por $\hat{\theta}$.

2.2.4 Estrutura de relações entre as variáveis e obtenção das equações de predição

Para elucidar a estrutura de relações entre as variáveis de composição química e de valores energéticos de cada alimento, serão estimadas as correlações de Pearson (Draper & Smith, 1981). As medidas de dissimilaridades a serem utilizadas para compor a matriz de distâncias para todas as variáveis serão estimadas pelo método do vizinho mais próximo e o dendograma será obtido, para uma melhor visualização da relação existente entre as variáveis.

O modelo de regressão linear múltipla ajustado pode ser dado por exemplo:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \varepsilon_i,$$

em que Y_i refere-se ao valor da EMAn do alimento, determinado em ensaio metabólico, no i -ésimo estudo; $X_{i1}; \dots; X_{i6}$, representam as variáveis de composição química do alimento, no i -ésimo estudo, sendo respectivamente, PB, MM, EE, FB, FDN e FDA e ε_i é o erro associado à i -ésima observação,

assumido normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ_i^2 .

Para se avaliar a importância das variáveis de composição química no valor energético do alimento, estima-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável (Tipo II) no modelo completo e, adota-se o procedimento de seleção de equações ajustadas denominado *stepwise* (Draper & Smith, 1981).

2.2.5 Escolha do fator de ponderação

Para regressão linear múltipla, as estimativas dos parâmetros podem ser obtidas utilizando-se o método dos mínimos quadrados (Hoffman & Vieira, 1977). No caso da meta-análise, grupos pré-determinados são definidos e, portanto, deve-se utilizar o método dos mínimos quadrados ponderados, onde considera-se como fator de ponderação o inverso da variância ($1/s_i^2$) para cada grupo. Esse fator de ponderação determina a variância existente para a variável dependente do modelo de regressão linear múltipla, dentro dos grupos. Existem outros fatores que também podem ser testados e utilizados (Hoffman & Vieira, 1977).

2.2.6 Principais problemas na meta-análise

A meta-análise obteve aceitação imediata na área médica pois, ao possibilitar reunião de informações dos dados existentes pela combinação de estudos menores, o tamanho da amostra aumenta. Assim, a importância maior da meta-análise reside, principalmente, na possibilidade de obtenção de uma amostra maior de dados, pela

combinação de vários estudos pequenos, permitindo uma resposta mais precisa do que a obtida em estudos individuais (Giannotti, 2000).

Apesar de existirem muitos pesquisadores utilizando a meta-análise como uma técnica para reunir estudos independentes, e dos processos nesta área estarem bem desenvolvidos, existem várias questões ainda pendentes em torno da aplicação desse conjunto de técnicas estatísticas para este fim (Giannotti, 2000).

Apesar de oferecer muitos atrativos essa metodologia não deve ser vista como substituta para a análise dos dados originais. Mesmo quando meticulosamente realizada, os resultados da meta-análise devem ser interpretados com atenção, principalmente devido ao inevitável vício de publicação ("file drawer problem") e à influência do critério de inclusão. Além disso, a meta-análise infringe um dos princípios essenciais da pesquisa científica, de que as hipóteses devem preceder os testes e análises (Fagard et al., 1996).

DerSimonian & Laird (1986) citam a natureza diversa dos diferentes estudos, tanto em termos de delineamento como em métodos empregados na realização de cada um deles, como sendo a principal dificuldade para combinar os resultados. Para solucionar esta questão, esses autores sugerem que a variação entre os estudos seja incorporada na análise.

Segundo Costa (1999), o primeiro problema defrontado por alguém que deseja sumarizar um conjunto de pesquisas é a identificação do corpo de trabalhos que, de alguma forma, diz respeito às questões levantadas. Isso requer que o propósito da meta-análise seja claramente articulado. Assim, seja qual for o objetivo da revisão, a seleção dos estudos a serem integrados será o suporte da conclusão procurada.

A seleção é uma questão de inclusão ou exclusão e os julgamentos requeridos são problemáticos. Existem várias posições com relação a que tipo de estudo deve ser incluído na análise sendo que o problema mais difícil na formação de um critério de inclusão são os estudos provenientes de pesquisas de qualidade duvidosa. Alguns

autores consideram que todos os estudos devem ser incluídos, porém, a tendência é adotar uma regra de decisão clara e coerente com os objetivos do pesquisador que utilizará a meta-análise.

Outro grande problema relacionado com a realização da meta-análise seria os vícios de publicação, pelo fato de que alguns estudos nunca terem sido publicados. Se a razão para que tais estudos continuem não publicados for o resultado obtido, isso vai acarretar uma meta-análise viesada. Por exemplo, estudos com resultados positivos ou negativos, dependendo da resposta esperada, têm maior probabilidade de serem publicados do que aqueles com resultados contrários aos que o pesquisador esperava. Estudos que são patrocinados por empresas particulares só serão publicados se os resultados forem de interesse delas e, estudos vindos de grandes centros de pesquisa têm chances maiores de publicação do que os vindo de centros menores (Egger et al., 1997).

Rosenthal (1984) é frequentemente citado como tendo o problema de arquivar-se artigos com resultados diferentes do esperado inicialmente pelo pesquisador, o chamado "file drawer problem". A solução apresentada pelo autor é combinar os resultados experimentais fazendo uma soma de variáveis normal padrão. Outros autores, segundo Costa (1999), sugerem procedimentos distintos.

A População de referência, outro problema considerado por Costa (1999), onde algumas condições devem ser postas, ou suposições devem ser assumidas para que uma inferência estatística de qualquer tipo possa ser propriamente legitimada. A principal característica da inferência estatística é o argumento da amostra da população. A amostra deve ser o resultado de um procedimento aleatório e a população deve poder ser identificável. No caso da meta-análise, as duas características não são dadas diretamente.

O ponto principal a ser considerado sobre a população referência seria a combinação dos dados de diferentes estudos e até que ponto podem ser legitimamente combinados - o usualmente denominado "problem of apples and oranges" - para se

tirar uma conclusão para uma dada população. Segundo Glass (1981) essa resposta é simples: "maçãs e laranjas podem legitimamente ser combinadas no estudo de frutas".

Porém, muitos autores discordam desta afirmação anterior, e, segundo Costa (1999), dois caminhos podem ser apontados para uma solução deste problema. Um é o de se fazer a meta-análise tendo estudos individuais bastante homogêneos, com os cuidados de que as suposições de amostra aleatória sejam cumpridas.

Outro é o de admitir que o procedimento meta-analítico não precise, necessariamente, trabalhar com amostras aleatórias, e que as inferências a serem feitas sejam mais restritas e que também admitam um certo grau de vagueza e imprecisão. Esse autor sugere que o trabalho com meta-análise inclua, além do tamanho do efeito e dos "p-value", também o tamanho da amostra para a determinação de probabilidades de relevância.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L. F. T. **Determinação de valores de energia metabolizável e triptofano de alguns alimentos para aves em diferentes idades.** 1980. 55 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1037-1046, nov./dez. 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, nov./dez. 1992b.
- ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Tópicos Avançados em Exigências Nutricionais para Frangos de Corte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6.; CONGRESSO NACIONAL, 14.; CONGRESSO ESTADUAL, 1996, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS - Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, 1996. p. 59-64.
- ASKBRANT, S.; KHALILI, M. Estimation of endogenous energy and nitrogen losses in the cockerel during fasting and postprandial. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 31, n. 1, p. 155-162, Mar. 1990.
- AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves.** 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BEDFORD, M. Restriciones digestivas de los ingredientes alimentarios e oportunidades teóricas para a suplementação de enzimas. In: SEMINARIO SOBRE O EMPLEO DE ENZIMAS EN LA NUTRICIÓN ANIMAL, Madrid, **Anais...** Madrid, 1991. p. 1-5.
- BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Caderno técnico da escola de Veterinária**, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30, jun. 1997.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; BAIÃO, N. C.; TEIXEIRA, E. A.; VALADARES, R. C.; PIGNOLATE, I. L. Avaliação de métodos para estimar energia metabolizável em alimentos para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999. p. 386-388.

BOURDILLON, A.; CARRE, B.; CONAN, L.; DUPERRAY, J. European reference method for the in vivo determination of metabolisable energy with adult cockerels: reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 31, n. 3, p. 557-565, Sept. 1990.

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, Nov. 1986.

CAMPOS, J. **Tabelas para cálculos de rações**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1974. 52 p.

CARRE, 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. 1984.

CHARALAMBOUS, K.; DAGHIR, N. J. Factors affecting the metabolizable energy values of four different poultry feedstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 1657-1662, July 1976.

COLNAGO, C. L.; ROSTAGNO, H. S.; COSTA, P. M. Valores energéticos e efeito da idade dos suínos sobre a digestibilidade de alguns alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 665-678, jul./ago. 1979.

COOPER, H. M. **Integrating research: a guide for literatura reviews**. 2 ed. Newbury Park: Sage, 1990. 157 p.

COSTA, P. A. B. **Um enfoque segundo a teoria de conjuntos difusos para meta-análise**. 1999. 153 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CURTIS, P. S.; WANG, X. A meta-analysis of elevated CO₂ effects on woody plant mass, form, and physiology. **Oecologia**, New York, v. 113, n. 3, p. 299-313, Feb. 1998.

DALE, N. **Ingredient analysis table**: 1999 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 24-31, July, 1999.

DALE, N.; FULLER, H. L. Additivity of true metabolizable energy values as measured with roosters, broiler chicks, and poults. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 8, p. 1941-1942, Aug. 1980.

DALE, N.; FULLER, H. L. Aplicability of the metabolizable energy system in practical feed formulation. **Poultry Science**, Champaign, v. 61, n. 2, p. 351-356, Feb. 1982.

DALE, N.; FULLER, H. L. Correlation of protein content of feedstuffs with the magnitude of nitrogen correction in true metabolizable energy determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 5, p. 1008-1012, May 1984.

DALE, N.; PESTI, G. M.; ROGERS, S. R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 72-75, Jan. 1990

DEGUSSA, A. C. **Digestible amino acids in feedstuffs for poultry**. Frankfurt, 1993. 18 p.

DerSIMONIAN, R.; LAIRD, N. Meta-analysis in clinical trials. **Controlled Clinical Trials**, New York, v. 7, n. 3, p. 177-188, Sept. 1986.

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.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: John Wiley, 1981. 709 p.

EGGER, M.; SMITH, G. D.; PHILLIPS, A. N. Meta-analysis: principles and procedures. **British Journal of Medicine**, London, v. 315, n. 7121, p. 1533-1537, Dec. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 2. ed. Concórdia: CNPSA, 1983. (Documentos)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 2. ed. Concórdia: CNPSA, 1985. 28 p. (Documentos)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 3ª ed. Concórdia: CNPSA, 1991. 97 p. (Documentos, n. 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 cockerls. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 19, n. 3, p. 303-308, May 1978.

FISCHER JR, 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, v. 27, n. 02, p. 314-318, mar./abr. 1998.

FLORES M. P., CASTANON J. I. R., McNAB J. M. Nutritive value of triticale fed to cockerels and chicks. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 35, n. 4, p. 527-536, Sept. 1994.

FREITAS, E. R. **Avaliação Nutricional de alguns alimentos processados para aves por diferentes metodologias e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. 2003, 129 p. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GIANNOTTI, J. D. G. **Meta-análise de estimativas da correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

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). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta-análise para estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 435-440, jul./set. 2002.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, Washington, v. 6, n. 1, p. 3-8, Jan. 1976.

GLASS, G. V.; MCGRAW, B.; SMITH, M. L. **Meta-analysis in social research**. Beverly Hills: Sage, 1981. 280 p.

HAN, I. K.; HOCHSTETLER, H. W.; SCOTT, M. L. Metabolizable energy values of some poultry feeds determined by various methods and their estimation using metabolizability of the dry matter. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 1335-1342, July 1976.

HEDGES, L. V.; OLKIN, I. **Statistical methods for meta-analysis**. London: Academic Press, 1985. 369 p.

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

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo: HUCITEC, Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.

HUYGHEBAERT, G.; DE MUNTER, G.; DE GROOTE, G. The metabolizable energy (AMEn) of fats for broilers in relation to their chemical composition). **Animal feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 1, p. 45-58, Apr. 1988.

INRA. Institut National de la Recherche Agronomique. **L'alimentation de animaux monogastriques**. Paris, 1984. 279 p.

ITCF. **Ileal digestibility of aminoacids in feedstuffs**. Eurolysine, Paris, 1995. 53 p.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2. ed. New York: Prentice Hall, 1998. 607 p.

JORGENSEN, H.; XIN-QUAN, Z.; KNUDSEN, K. E. B.; EGGUM, B. O. The influence of dietary fiber source and level on development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, n. 75, v. 3, p. 379-395, 1996.

KIRBY, K. N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 475p.

LI, Z. A multiplicative random effects model for meta-analysis with application to estimation of admixture component. **Biometrics**, Washington, v. 51, n. 3, p. 864-873, Sept. 1995.

LI, Z.; BEGG, C. B. Random effects for combining results from controlled and uncontrolled studies in a meta-analysis. **Journal of the American Statistical Association**, Alexandria, v. 89, n. 428, p. 1523-1527, Dec. 1994.

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

LIMA, I. L.; SILVA, D. J.; ROSTAGNO, H. S.; TAFURI, M. L. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos determinados com pintos e galos, utilizando duas metodologias. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 6, p. 546-557, nov./dez. 1989.

LODHI, G. N.; SINGH, D.; ICHHPONANI, J. S. Variation in nutrient content of feedingstuffs rich in protein and reassessment of the chemical method for metabolizable energy estimation for poultry. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 86, n. 2, p. 293-303, Apr. 1976

LONGE, O. G.; OGEDEGBE, N. E. E. Influence of fibre on metabolisable energy of diet and performance of growing pullets in the tropics. **British Poultry Science**, Abington, v. 1, n. 30, p. 193-196, Mar. 1990.

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

MARTINS, R. M. **Estudo do crescimento da cana-de-açúcar através da meta-análise**. 2001. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

McNAB, J. M. Factors affecting the energy value of wheat for poultry. **World's Poultry Science**, Wallingford, v. 1, n. 52, p. 69-73, Mar. 1996.

MENTEN, J. F. M. et al. Valores de energia metabolizável de milho e farelo de soja para frangos de corte na fase pré-inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1CD-ROM.

MILLER M. C.; FROSETH J. A.; WYATT C. L.; ULLRICH S. E. Effect of starch type, total beta-glucans and acid detergent fiber levels on the energy content of barley (*Hordeum vulgare* L.) for poultry and swine. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 4, p. 679-686. Dec. 1994.

MITTELSTAEDT, C.; TEETER, R. G. An evaluation of soft and hard red winter wheat for nitrogen-corrected true metabolizable energy, crude protein, and amino acid content. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 7, p. 1379-1382, July 1993.

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, v. 30, n. 2., p. 440-448, mar./abr. 2001.

MUZTAR, A. J.; SLINGER, S. J. An evaluation of the nitrogen correction in the true metabolizable energy assay. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 4, p. 835-839, Apr. 1981.

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

NITSAN, Z.; DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 10, p. 2040-2048, Oct. 1991.

NUNES, R. V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis da grão de trigo e seus subprodutos para aves.** 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; TOLEDO, R. S. 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, v. 30, n. 3, p. 785-793, maio / jun. 2001.

OETZEL, G. R. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 11, p. 3900-3912, Nov. 1991.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2004. 181 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.

PESTI, G. M.; FAUST, L. O.; FULLER, H. L.; DALE, N. M. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 12, p. 2258- 2267, Dec. 1986.

PETERS, A. R.; MARTINEZ, T. A.; COOK, A. J. C. A meta-analysis of studies of the effect of GNRH 11-14 days after insemination on pregnancy rates in cattle. **Theriogenology**, New York, v. 54, n. 8, p. 1317-1326, Nov. 2000.

PETERSEN, F.; MEYER, G. B.; SAUTER, E. A. Comparison of metabolizable energy values of feed ingredients for chicks and hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 3. p. 1163-1165, May 1979.

PLAVNIK, I.; SKLAN, D. Nutritional effects of expansion and short time extrusion on feeds for broilers. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 55, n. 3/4, p. 247-251, Oct. 1995.

PUPA, J. M. R. **Rações para frangos de corte formuladas com valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, determinados com galos cecectomizados.** 1995. 63 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

RAVINDRAN, V.; RAJAGURU, A. S. B. Nutrient contents of some unconventional poultry feeds. **Indian Journal of Animal Science**, New Delhi, v. 1, n. 55, p. 58-61, Jan. 1985.

REZENDE, R. C.; SILVA, D. J.; FONSECA, J. B.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A. Energia metabolizável de cinco alimentos para poedeiras leves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 9, n. 4, p. 609-620, jul./ago. 1980.

RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION. **RhodimetTM Nutrition Guide.** 2. ed. 1993. 55 p.

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

ROSENTHAL, R. **Meta-analytic procedures for social research.** Beverly Hills: Sage, 1984. 150 p.

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. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

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.

ROSTAGNO, H. S.; NASCIMENTO, A. H.; ALBINO, L. F. T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas, SP. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p. 65-83.

ROSTAGNO, H. S.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SILVA, M. A. Energia metabolizável do milho e do sorgo com diferentes conteúdos de taninos para aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 304-318, mar./abr. 1977.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, M. A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1983. 59 p

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, M. A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas brasileiras)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1992. 59 p

SAKOMURA, N. K.; SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, n. 22, p. 125-146, mar. 1998.

SCOTT, T. A.; NESHEIN, M. C.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the chickens**. 3. ed. Ithaca, NY, 1982. 562 p.

SHIRES, A.; ROBBLEE, A. R.; HARDIN, R. T.; CLANDININ, D. R. Effect of the age of chickens on the true metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 396-403, Feb. 1980.

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

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

SIBBALD, I. R. The effect of age of the assay bird on the true metabolizable energy values in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, n. 4, p. 1008-1012, July 1978.

SIBBALD, I. R. Metabolic plus endogenous energy and nitrogen losses of adult cockerels: The correction used in the bioassay for true metabolizable energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 4, p. 805-811, Apr. 1981.

SIBBALD, I. R. The true metabolizable energy values of several feedingstuffs measured with roosters, laying hens, turkeys and broiler hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 4, p. 1459-1463, July 1976b.

SIBBALD, I. R.; MORSE, P. M. Provision of supplemental feed and the application of a nitrogen correction in bioassays for true metabolizable energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 62, n. 8, p. 1587-1605, Aug. 1983.

SIBBALD, I. R.; PRICE, K. True and apparent metabolizable energy values for poultry of canadian wheats and oats measured by bioassay and predicted from physical and chemical data. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 57, n. 4, p. 365-374, Dec. 1977.

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 the evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v. 42, n. 1, p. 13-25, Jan. 1963.

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. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

WOLYNETZ, M. N.; SIBBALD, I. R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 7, p. 1386-1399, July 1984.

ZELENKA, J. Effects of sex, age and food intake upon metabolizable energy values in broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, Edinburgh, v. 38, n. 3, p. 281-284, July 1977.

ZHANG, W. J.; CAMPBELL, L. D.; STOTHERS, S. C. An investigation of the feasibility of predicting nitrogen-corrected true metabolizable energy (TMEn) content in barley from chemical composition and physical characteristics. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 2, p. 355-360, June 1994.

CAPITULO II

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DA EMAn DE CONCENTRADOS ENERGÉTICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE

RESUMO

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Equações de predição para estimar os valores de EMAn de concentrados energéticos para aves, utilizando a meta-análise.** 2007. 199p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Uma forma rápida de se determinar os valores energéticos e de digestibilidade de nutrientes dos alimentos é pelo uso de equações de predição, que são estabelecidas em função da composição química dos alimentos. O presente trabalho foi realizado visando-se obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) dos alimentos energéticos usualmente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando o princípio da meta-análise, que é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica. Foi realizado uma minuciosa revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos citados (proteína bruta-PB; extrato etéreo-EE; matéria mineral-MM; fibra bruta-FB, fibra em detergente neutro-FDN e fibra em detergente ácido-FDA), buscando-se obter equações de predição para estimar a EMAn desses alimentos, utilizando a composição química dos mesmos. Foram considerados os efeitos sexo (código-cód. 1= macho; cód. 2= fêmea e cód. 3= mistos); idade (cód.1= 1ª e 2ª semana de vida; cód. 2= 3ª e 4ª sem.; cód. 3= 5ª e 6ª sem.; cód. 4= acima ou indefinido), e metodologia empregada no metabolismo (cód. 1= coleta total de excretas, cód. 2= alimentação forçada + coleta total de excretas). Foi realizado o fatorial entre os códigos dos efeitos (3x4x2), podendo totalizar até 24 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. Adotou-se o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis, incluindo as mesmas na equação em função de suas importâncias, e então utilizou-se o Proc Reg do sistema Statistical Analysis System (SAS), para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. As equações que melhor se ajustaram, para estimar a EMAn dos alimentos energéticos, foram $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ($R^2=0,81$) e $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$ ($R^2=0,81$). As variáveis FDN e FDA são importantes nas equações, influenciando nos valores energéticos dos alimentos.

¹Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Orientador). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Prediction equations to estimate the AMEn values of energetic concentrates for poultry utilizing the meta-analysis.** 2007. 199p. Thesis (Doctorate in Monogastric Nutrition). Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

A fast way to determine the energetic and of digestibility values of the nutrients of feedstuffs is by the use of prediction equations, which are established according to the chemical composition of feedstuffs. The present work was accomplished aiming to obtain prediction equations to estimate the values of corrected apparent metabolizable energy (AMEn) of the energetic feedstuffs utilized in broiler rations by using the meta-analysis principle which is a statistical procedure which has been accepted gradually by the scientific community. A bibliographical review of the studies realized in Brazil was performed to catalogue informations about AMEn values and chemical composition of the feedstuffs reported (CP-crude protein; EE-etherial extract; ash; CF-crude fiber; NDF-neutral detergent fiber; ADF-acid detergent fiber), for obtain the prediction equations for estimate the AMEn, using the chemical composition of them. The effects of sex (code-cod. 1 = male; cod. 2 = female and cod. 3 = mixed); age (cod. 1 = 1st and 2nd week of life; cod. 2 = 3rd and 4th week; cod. 3 = 5th and 6th week; cod. 4 = above or indefinite) and the methodology employed in the metabolism assay (cod. 1 = total collection of excreta and cod. 2 = forced fed plus total collection of excreta) were considered. The factorial among the codes of the effects (3x4x2) was performed, it being able to amount up to 24 groups, which were submitted to the ponderate least squares analysis, the meta-analysis being accomplished. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, including themselves in the equation as related with their importance, and then, the Proc Reg of the Statistical Analysis System (SAS) to fit the multiple linear regression model was utilized. The equations which best fitted to estimate the EAMn of the energetic feedstuffs were $AMEn = 4371.18 - 26.48CP + 30.65EE - 126.93ash - 52.26CF - 25.14NDF + 24.40ADF$ ($R^2 = 0.81$) and $AMEn = 4205.23 + 30.58EE - 130.35ash - 58.29CF - 28.31NDF + 16.71ADF$ ($R^2 = 0.81$). The variables NDF and ADF are important in the equations, influencing in the energetic values of the feedstuffs.

¹Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Adviser). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Considerando o bom conhecimento dos alimentos, normalmente utilizados na avicultura, sabe-se que existem variações nas composições dos mesmos, pois regiões geográficas, condições de plantio, fertilidade de solo, variabilidade genética dos cultivares, formas de armazenamento e processamento dos grãos vegetais. A composição química e a forma de obtenção de produtos de origem animal, também são fatores que influenciam nos valores nutricionais dos alimentos e, a precisão na formulação das rações está ligada à acurácia com que se determinam estes valores (Ost, 2004).

A formulação de rações envolve um criterioso uso de alimentos e subprodutos, combinados de forma que possam fornecer quantidade adequada dos nutrientes requeridos pelas aves. A realização de análises para determinar a composição química completa dos ingredientes utilizados na formulação, é onerosa e impraticável por ser demorada e, muitas vezes, trabalhosa, levando ao constante uso de tabelas e matrizes de composição determinadas em laboratórios (NRC, 1994). Segundo Silva (1978), na formulação de rações, a composição dos ingredientes e seus respectivos valores energéticos devem ser os mais exatos possíveis, justificando a determinação da composição química e dos valores de energia metabolizável dos alimentos nacionais, comumente utilizados na formulação de rações de mínimo custo.

Uma forma rápida de se determinar os valores energéticos e de digestibilidade de nutrientes dos alimentos, é pelo uso de equações de predição, que são estabelecidas em função da composição química simplificada dos alimentos, normalmente de fácil e rápida obtenção. Existem, à disposição, na literatura nacional alguns trabalhos de pesquisa (Rodrigues et al, 2001 e 2002; Nagata et al, 2004; Zonta et al, 2004 e Borges et al, 2003), onde se

estabeleceram equações de predições para estimar os valores energéticos e nutritivos de uma série de alimentos. Porém, foram elaboradas com amostras que apresentavam pequena variabilidade, em função das poucas amostras. Este problema pode ser minimizado aumentando o número de informações de digestibilidade de nutrientes e composição química utilizando dados oriundos de vários experimentos realizados no Brasil, procedimento semelhante ao adotado por Janssen (1989), na Europa.

Para aumentar o número de informações sobre a composição química dos alimentos, existe a necessidade, que é muito antiga, de se combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições e diferentes níveis de precisão, para produzir conclusões mais coerentes do que aquelas disponíveis em cada fonte de informação. O procedimento que utiliza métodos estatísticos para combinar ou comparar resultados de estudos distintos, mas relacionados, é definido como Meta-análise (Kirby, 1993), ou conforme definida por Glass (1976), a meta-análise é uma técnica estatística que consiste em uma revisão quantitativa e resumida de resultados de estudos relacionados, mas independentes.

Os seus propósitos são aumentar o número de observações e o poder estatístico; avaliar a possibilidade de generalizações de conclusões para uma amplitude variada de estudos, examinar a variabilidade entre os ensaios ou estudos; resolver incertezas, quando certas conclusões destoam; realizar análise de subgrupo; identificar a necessidade e planejar ensaios ou estudos maiores; responder questões que não foram atribuídas de início aos estudos individuais (Fagard et al., 1996).

A escolha dos estudos a serem incluídos na meta-análise é um ponto crucial que irá influenciar o restante da análise e os resultados finais. Esta seleção tem dois aspectos, às vezes conflitantes, ou seja, incluir apenas aqueles válidos ou apropriados,

ou incluir tantos quanto possíveis. A definição de um critério objetivo de inclusão ajuda o processo de seleção dos estudos, e tais estudos devem conter obrigatoriamente os dados básicos necessários para o início da meta-análise (Fagard et al., 1996). Entretanto, detectar experimentos de baixa qualidade não é tarefa fácil para o pesquisador que utiliza a meta-análise.

Apesar das críticas e problemas enfrentados pela meta-análise, as evidências indicam que ela é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica, e sua aplicação tem aumentado em todos os campos das ciências (Cooper, 1990).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável, em função da composição química do milho e seus subprodutos energéticos, bem como de outros alimentos energéticos comumente utilizados na alimentação de frangos de corte, aplicando-se o princípio da meta-análise para agrupar e ajustar os dados coletados de estudos distintos, com ensaios metabólicos, para os alimentos em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Informações utilizadas para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise

As informações utilizadas neste trabalho, referem-se a valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e composição química dos alimentos energéticos usualmente utilizados na formulação das rações avícolas, sendo o milho considerado como o principal, uma vez que é a principal fonte energética, e por isso, largamente empregado na alimentação animal.

Esses dados foram provenientes de uma ampla e minuciosa revisão bibliográfica de modo a incluir o máximo possível de estudos sobre o tópico em questão. Portanto foram pesquisados anais de congressos e simpósios, trabalhos não indexados, bibliotecas e base de dados catalogados nos periódicos CAPES, à exemplo do CAB Abstracts, dentre outros.

A revisão de literatura incluiu trabalhos publicados e realizados nos últimos 40 anos, com a finalidade de se obter o máximo de informações e minimizar os erros que pudessem influenciar na análise dos dados. Para catalogação dos dados, os mesmos receberam a denominação de dados completos e incompletos, em função da composição química dos alimentos.

Os trabalhos considerados completos apresentavam as seguintes variáveis de composição química: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), e os incompletos àqueles que apresentavam somente PB, EE, MM e FB.

Para obtenção da equação de predição para estimar a EMAn do milho foram usadas, 168 informações, sendo 121 para completos e 47 para incompletos; enquanto que, para estimar a EMAn do milho e seus subprodutos energéticos (Tabela 1A), 197 informações foram catalogadas, sendo 135 e 62 dados completos e incompletos, respectivamente, e por fim, 375 informações foram catalogadas para obter a equação de predição para estimar a EMAn dos alimentos energéticos mais utilizados nas rações de aves (Tabela 2A), onde 197 informações foram para completas e 178 incompletas (Tabela 1).

TABELA 1. Número de informações cadastradas no presente estudo para realização da meta-análise, em função da composição química e valor energético dos alimentos.

MILHO			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações ¹	121	47	168
MILHO + SUB-PRODUTOS²			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações	135	62	197
ENERGÉTICOS³			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações	197	178	375

¹Número de informações cadastradas no presente estudo.

²Milho e alguns de seus subprodutos energéticos.

³Alimentos energéticos usualmente utilizados nas rações avícolas.

2.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise.

Após a revisão, as informações obtidas foram tabuladas de acordo com o alimento, a metodologia empregada no ensaio de metabolismo, o sexo e a idade dos animais experimentais, assim como também a composição química do alimento em estudo. Estas informações, assim tabulados e agrupados, receberam tratamento estatístico aplicando-se os princípios da meta-análise.

De cada estudo e para cada alimento (milho, subprodutos energéticos do milho e energéticos), além dos valores de EMAn, foram extraídas as seguintes variáveis de composição química desses alimentos: porcentagens de PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

2.2.1 Critérios empregados para a catalogação (inclusão) das informações

A revisão de literatura seguiu alguns critérios necessários para um ideal ordenamento das informações e, para uma melhor viabilização das análises estatísticas subsequentes. Os critérios:

- a) trabalhos realizados com frangos de corte nos últimos quarenta anos, independentemente da idade e sexo desses animais;
- b) trabalhos que determinaram a EMAn e composição química do milho, de subprodutos energéticos do milho e de alimentos energéticos mais utilizados nas rações avícolas;

- c) alimentos classificados e catalogados no banco de dados como energéticos, em função da composição química em FB inferior a 18%, e PB inferior a 20%, com base na matéria seca (MS);

- d) catalogação dos valores de EMAn e da composição química dos alimentos (PB, EE, MM, FB, FDN e FDA) no banco de dados, com base na matéria seca (MS);

- e) trabalhos realizados no Brasil, pois de acordo com alguns pesquisadores, a exemplo de Colnago et al. (1979), McNab (1996) e Mittelstaedt & Teeter (1993), a composição química de alimentos oriundos de diferentes regiões e cultivares, geralmente apresentam variações, com consequentes alterações nos seus valores de energia. Portanto foi dado prioridade aos trabalhos nacionais, para obter valores mais precisos para as estimativas que foram determinadas.

2.2.2 Conversão dos resultados de cada estudo para uma métrica comum (determinação de grupos)

Vários efeitos influenciam o conteúdo energético dos alimentos, sendo que alguns deles, a exemplo de ano de realização do trabalho, lugar onde o mesmo foi realizado e época do ano em que foi executado, atuam diretamente sobre a composição química dos alimentos e de forma indireta nos valores de energia.

A variação química do alimento em função desses efeitos é que irá garantir a variabilidade dos dados a serem analisados. De certa forma, esses

efeitos devem ficar embutidos nessa composição química, por isso não é mais necessário considerarmos tais efeitos. Portanto, foram considerados os efeitos que influenciam o valor energético dos alimentos diretamente, ou seja, que não modificam a composição química dos alimentos e que ocasionam variabilidade na energia dos mesmos, e que foram: sexo e idade dos animais experimentais e a metodologia empregada no ensaio de metabolismo (coleta total ou alimentação forçada + coleta total),

Após a identificação desses efeitos, foram determinados códigos para cada efeito em particular, e a partir daí foram feitos agrupamentos dos códigos para determinar os grupos que foram submetidos à análise por mínimos quadrados ponderados (que será explicado posteriormente) a fim de minimizar os efeitos supracitados, e realizar o procedimento da meta-análise.

Para o efeito sexo, obtiveram-se três códigos (machos = 1, fêmea = 2 e animais mistos = 3); já para idade quatro códigos (1 e 2ª semana de vida = 1; 3 e 4ª semanas = 2; 5 e 6ª semanas = 3; acima dessas idades ou indefinido = 4), enquanto para metodologia apenas dois códigos (Coleta total de excretas = 1, Alimentação forçada + Coleta total de excretas = 2). A formação dos grupos se deu em função de um fatorial 3x4x2, sendo três códigos de sexo X quatro códigos de idade X dois códigos de metodologias, podendo então totalizar até 24 grupos, mas não necessariamente que os 24 grupos fossem efetivados.

No presente trabalho, em função da complexidade das análises estatísticas, foram realizados os procedimentos estatísticos para obter a equação de predição que estimará os valores de EMAn para milho, para os subprodutos energéticos do milho e para os alimentos energéticos, realizando inicialmente o procedimento estatístico para os dados completos e subsequentemente para todos os dados (completos e incompletos), observando os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de

determinação (R^2) para as equações de predições ajustadas, em cada caso em particular.

2.2.3 Fator de ponderação (método dos mínimos quadrados ponderados)

Como trabalhou-se com o modelo estatístico de regressão linear múltipla, as estimativas dos parâmetros foram determinadas de acordo com o método dos mínimos quadrados (Hoffman & Vieira, 1977) e para escolha do fator de ponderação, utilizou-se os grupos pré-determinados no estudo, sendo, portanto, o procedimento adotado para tal ponderação, o método dos mínimos quadrados ponderados, onde considera-se o inverso da variância ($1/s_i^2$) para cada grupo (Hoffman & Vieira, 1977).

Esse fator de ponderação determinou a variância existente para a variável dependente do modelo de regressão linear múltipla dentro de cada grupo, nesse caso a EMAn dos alimentos utilizados. Porém, existem outros fatores que também podem ser testados, e que podem ser analisados e discutidos em trabalhos futuros.

2.2.4 Estrutura de relações entre as variáveis e obtenção das equações de predição

Para elucidar a estrutura de relações entre as variáveis de composição química e de valores energéticos de cada alimento, foram estimadas as correlações de Pearson (Draper & Smith, 1981) entre todos os pares possíveis, utilizando-se o Proc Corr do sistema SAS (Statistical Analysis System, 1995). As medidas de dissimilaridades a serem utilizadas para compor a matriz de distâncias para todas as variáveis foram estimadas pelo método do vizinho mais

próximo e de acordo com o resultado, se necessário, o dendograma poderá ser obtido, para uma melhor visualização da relação existente entre as variáveis. Para esse procedimento, utilizou-se o programa computacional GENES, versão 2006.4.1 (Cruz, 2006).

Neste trabalho ajustou-se o modelo de regressão linear múltipla, dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \varepsilon_i,$$

em que:

Y_i = refere-se ao valor da EMAN do alimento, determinado em ensaio metabólico, no i -ésimo estudo;

$X_{i1}; \dots; X_{i6}$ = representam as variáveis de composição química do alimento, no i -ésimo estudo, sendo respectivamente, PB, MM, EE, FB, FDN e FDA,

ε_i = representa o erro associado à i -ésima observação, assumido normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ_i^2 .

Para se avaliar a importância das variáveis de composição química sobre o valor de EMAN do alimento, estimou-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável (Tipo II) no modelo completo e, adotou-se o procedimento de seleção de equações ajustadas denominado *stepwise* (Draper & Smith, 1981).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de regressão múltipla, correlações e multicolinearidade entre as variáveis

3.1.1 Milho

Foram realizados os procedimentos estatísticos para estimar a equação de predição dos valores de EMAn para milho. Inicialmente foi realizado o procedimento estatístico para os dados completos e subsequentemente para todos os dados (completos e incompletos), observando-se os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de determinação (R^2) para as equações de predições ajustadas, em cada caso em particular.

Quando considerou-se apenas as 121 informações completas (visto na tabela 2), a equação de predição obtida pelo procedimento de Stepwise, que teve o melhor ajuste para a EMAn do milho, apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 13%. Na tabela 2, estão apresentadas as equações obtidas, utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 2. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn do milho, em função da composição química dos milhos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R^2
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+3588,24	+16,07	---	---	---	---	---	0,03
+3682,88	+20,96	---	---	---	- 9,63	---	0,08
+3683,06	+15,72	---	---	+40,35	- 11,45	---	0,10
+3657,27	+9,03	---	+60,45	+48,20	- 12,12	---	0,13

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Observa-se que a equação que melhor se ajustou para determinar o valor da EMAn do milho foi, $EMAn = 3657,27 + 9,03PB + 60,45MM + 48,20FB - 12,12FDN$, com R^2 de 13%. Pode-se observar que as equações com mais de uma variável mostraram melhores ajustes, ou seja, o R^2 da equação aumenta com o aumento do número de variáveis independentes no modelo.

Na Tabela 3, são apresentados os coeficientes de variação (CV's) entre as variáveis de composição química e os valores energéticos dos milhos.

TABELA 3. Coeficientes de variação para a EMAn e para as variáveis de composição química dos milhos (valores expressos com base na matéria seca).

Milho (121 informações completas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	3405	4013	608	2,91
PB	6,63	11,45	4,82	12,01
EE	1,26	5,43	4,17	21,98
MM	0,88	2,11	1,23	18,98
FB	0,75	2,82	2,07	25,00
FDN	9,42	18,33	8,91	15,13
FDA	1,00	9,60	8,60	34,15

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Como os trabalhos catalogados foram realizados em lugares e em épocas distintas, a composição química dos alimentos é variável, sendo relacionada com a espécie e variedade do grão, origem, as condições climáticas e de solo em que

são produzidos. Além destes fatores, os alimentos podem sofrer interferência das condições de processamento e armazenamento (Albino & Silva, 1996).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e da EMAn do milho, estão apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e EMAn dos milhos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	0,186*	1,000					
EE	0,008	0,098	1,000				
MM	0,129	0,309**	0,361**	1,000			
FB	0,205*	0,339**	0,317**	0,118	1,000		
FDN	-0,137	0,176	0,460**	0,347**	0,144	1,000	
FDA	0,012	0,285**	0,309**	0,242**	0,320**	0,418**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Dentre as variáveis analisadas, o EE foi o que apresentou correlação positiva mais baixa (0,008) com a EMAn, sendo, portanto, não significativo estatisticamente (P>0,05). No entanto, o EE teve correlações positivas (P<0,01) com a MM (0,361), com a FB (0,317), com a FDN (0,460) e FDA (0,309), revelando considerável grau de associação entre essas variáveis.

Com correlações positivas baixas, mas estatisticamente significativas (P<0,05), as variáveis que influenciam diretamente a EMAn do milho são a PB, apresentando uma correlação mais baixa (0,186) e FB com influência maior

sobre a EMAn, uma vez que apresentou correlação mais alta (0,205), revelando que a EMAn aumenta à medida que aumentam os valores dessas duas variáveis (PB e FB).

A FB influencia diretamente a EMAn do milho, e possivelmente também de forma indireta, já que correlacionou-se estatisticamente com a EMAn ($P < 0,05$) e com a proteína bruta ($P < 0,01$), respectivamente. A elevação do teor de FDA também representa influência no valor da EMAn do milho, supostamente de forma indireta, uma vez que existe correlação positiva, tanto entre a FDA e o teor protéico do milho (0,285; $P < 0,01$), como entre a FDA e a FB (0,320; $P < 0,01$). Portanto, o aumento do teor de FDA acarreta aumento nos teores de PB e FB do milho, e conseqüentemente a EMAn também aumenta, em decorrência da proteína bruta e fibra bruta do milho.

Para as variáveis MM e EE, observa-se que as mesmas supostamente influenciam a EMAn do milho, via outras variáveis, já que se correlacionam positivamente ($P < 0,01$) com a PB (0,309) e com a FB (0,317) respectivamente. Mesmo sendo correlações baixas, é importante considerar esses efeitos secundários. De forma menos expressiva a FDN também terá uma parcela de contribuição indireta na alteração da EMAn do milho, já que correlaciona-se positivamente ($P < 0,01$) com o EE (0,460) e com a MM (0,347).

A variável que apresentou maior grau de associação entre as outras variáveis foi a FDA, já que correlaciona-se com todas as outras variáveis analisadas, atuando teoricamente de forma indireta e com maior freqüência, sobre a EMAn do milho.

As variáveis mais importantes na alteração do valor energético do milho que atuam de forma direta na EMAn são a PB e FB. Porém, ao se considerar a equação ajustada, $EMAn = 3657,27 + 9,03PB + 60,45MM + 48,20FB - 12,12FDN$, a variável apontada como a mais importante no modelo foi a FDN

(R² parcial = 0,0418), seguido da PB (R² parcial = 0,0376), da MM (R² parcial = 0,0277) e por fim da FB (R² parcial = 0,0262).

A FDN tem correlação positiva significativa com a MM (0,347; P<0,01), e as duas variáveis (FDN e MM) apresentaram-se no modelo ajustado, potencializando, tanto o teor de PB como de FB do milho, uma vez que a MM correlaciona-se positivamente (P<0,01) com a PB (0,309) e com a FB (0,317), que por sua vez atuam no valor energético do milho diretamente. Portanto sugere-se que a importância das variáveis, no modelo definido, seja por esse motivo.

Considerando as 168 informações (completos+incompletos), para o milho (visto na Tabela 1), a equação de predição obtida, apesar de uma quantidade maior de dados, apresentou ajuste para o valor de EMAn do milho, com um coeficiente de determinação (R²) de 7%.

Utilizando essas informações cadastradas, foram realizados os procedimentos estatísticos da meta-análise, e a partir daí ajustadas e obtidas as equações de predição para estimar os valores de EMAn do milho (Tabela 5), utilizando a composição em PB, EE, MM e FB.

TABELA 5. Equações de predição obtidas para estimar a EMAn do milho, em função da composição química dos milhos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+3662,95	---	---	---	+35,93	0,03
+3707,62	---	-18,16	---	+50,26	0,05
+3631,44	---	-23,25	+63,70	+56,15	0,07

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

A equação que melhor se ajustou para determinar o valor da EMAn do milho foi a $EMAn = 3631,44 - 23,25EE + 63,70MM + 56,15FB$, com R^2 de 7%. Mesmo aumentando o número de informações catalogadas de 121 para 168, o ajuste da equação de predição ainda não foi satisfatório.

Mesmo com R^2 de 7%, quando se considera o conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo foi a FB (R^2 parcial = 0,0287), seguida do EE (R^2 parcial = 0,0192) e por fim da MM (R^2 parcial = 0,0192). Mesmo com R^2 idênticos, o EE foi adicionado primeiro do que a MM na equação ajustada pelo processo de Stepwise.

O ajuste da equação com coeficiente de determinação baixo pode ter sido em função ainda da baixa variabilidade existente entre a EMAn dos milhos registrados, e por consequência, a variabilidade entre as variáveis da composição química, o que pôde ser observado pela amplitude registrada entre esses valores.

Na Tabela 6, são apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos milhos catalogados.

TABELA 6. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos milhos (valores expressos com base na matéria seca).

Milho (168 informações = completas + incompletas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	3405	4094	689	3,30
PB	6,63	11,45	4,82	12,01
EE	1,26	7,35	6,09	23,30
MM	0,88	2,11	1,23	18,90
FB	0,75	3,44	2,69	24,80

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

O valor médio da EMAn das amostras de milhos obtido no trabalho (3737 kcal/kg de MS) foi superior à média encontrada por Rodrigues et al (2001) para as amostras de milhos (1, 2 e Quality protein maize- QPM) , onde foi de 3625 kcal/kg de MS, como também superior ao apresentado por Albino et al. (1989), que por sua vez foi de 3712 kcal/kg de MS. No entanto, o valor médio de 3737 kcal/kg de MS foi inferior àquele apresentado por Albino et al. (1992), EMBRAPA (1991), Nascimento et al. (1998), NRC (1994), Rostagno et al. (1983) de 3810, de 3786, de 3783, de 3764, e de 3904 kcal de EMAn/kg de MS, respectivamente. Esta diferença reforça as colocações de Leeson et al. (1993), de que os valores energéticos de diferentes partidas de milho são variáveis.

Segundo Dale (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, além das variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos.

Krabbe (1995) afirma que uma das conseqüências das más condições de armazenamento (temperatura e umidade inadequadas) e da atividade fúngica é a redução do conteúdo de óleo dos grãos, que implica em redução do valor de EM do alimento, e no caso do milho em particular, a EM do mesmo pode ser depreciada de 5 a 25% em função do armazenamento inadequado.

As variações na EMAn do milho observadas no presente trabalho não foi suficiente para possibilitar ajuste de uma equação que possa predizer com acurácia o valor energético do milho, individualmente.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e dos valores de EMAn do milho, estão apresentadas na Tabela 7, onde observa-se que não houve correlações estatisticamente significativas ($P > 0,05$), entre as variáveis analisadas e a EMAn do milho, nessa situação em particular.

TABELA 7. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valor da EMAn dos milhos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	0,133	1,000			
EE	-0,053	0,097	1,000		
MM	0,144	0,399**	0,234**	1,000	
FB	0,144	0,167*	0,415**	0,037	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Correlações altamente significativas (P<0,01), foram constatadas entre a MM e a PB (0,399) e o EE (0,234), ao mesmo tempo em que foram positivamente baixas e não influenciam estatisticamente, nem diretamente o valor energético do milho, apenas revelam certo grau de associação entre essas variáveis (MM, PB e EE).

Da mesma forma, se a FB do milho for elevada, conseqüentemente a PB e o EE também serão, uma vez que também foram detectadas correlações positivas e estatisticamente significativas entre a FB e a PB (0,167; P<0,05), como também entre a FB e o EE (0,415; P<0,01), sendo essa segunda mais expressiva; no entanto, estatisticamente, essas correlações não interferem diretamente nos valores energéticos dos milhos.

Entre as variáveis foi realizado o teste de multicolinearidade, de acordo com Montgomery & Peck (1981), tanto utilizando apenas as 121 informações completas, como também todas as informações num total de 168 (completas e incompletas) para o milho, não sendo demonstrada significância estatística em nenhum dos casos. Portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos

resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

3.1.2 Milho e seus subprodutos energéticos

Como realizado para obter a equação de predição para estimar o valor de EMAn só para o milho, considerou-se o banco de dados com as informações para os valores do milho e seus subprodutos energéticos, realizando inicialmente o procedimento estatístico para as informações completas e subsequente para todas as informações (completas e incompletas).

Quando considerou-se apenas as 135 informações completas para o milho e seus subprodutos energéticos (visto na Tabela 1), a equação de predição obtida, que teve o melhor ajuste para estimar o valor de EMAn para os alimentos utilizados, apresentou R^2 de 33%. Na tabela 8, estão as equações obtidas, utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 8. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAN do milho e seus subprodutos energéticos, em função da composição química desses alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+3909,62	---	---	-110,25	---	---	---	0,20
+3699,52	+22,51	---	-123,35	---	---	---	0,24
+3715,61	+31,64	---	-124,40	-53,02	---	---	0,27
+3744,28	+25,73	---	-135,70	-73,34	---	+19,93	0,30
+3837,43	+26,71	---	-148,45	-59,74	-9,26	+26,60	0,31
+3831,40	+28,40	+19,52	-163,80	-69,71	-13,72	+31,04	0,33

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

A equação que melhor se ajustou para estimar a EMAN do milho e alguns de seus subprodutos energéticos foi $EMAN = 3831,40 + 28,40PB + 19,52EE - 163,80MM - 69,71FB - 13,72FDN + 31,04FDA$, apresentando R² de 33%. Observa-se que as equações com todas as variáveis mostraram melhores ajustes, já que o R² da equação foi superior.

Rodrigues et al. (2001), ao obterem equações de predição para o milho mais subprodutos do milho (subprodutos esses tanto energéticos como protéicos), conseguiram equações mais precisas onde, no geral, observaram que as equações com maior número de variáveis no modelo apresentaram coeficientes de determinação (R²) mais elevados, sendo de 98% para os valores de EMAN, quando as equações continham sete variáveis, comparadas a 96% nas

equações com duas variáveis, e reduzindo para 92%, nas equações com uma variável apenas.

Além das variáveis independentes consideradas em nosso trabalho (PB, EE, MM, FB, FDN e FDA), Rodrigues et al. (2001) consideraram ainda as variáveis: amido, densidade e diâmetro geométrico médio (DGM) dos alimentos, que foram 3 milhos (amostras 1 e 2 e milho QPM), 1 milho pré-cozido, 3 germens de milho (normal, fino e desengordurado) e 2 farelos de glúten (60 e 21%), sendo esses dois últimos subprodutos protéicos do milho, totalizando 9 alimentos.

Rodrigues et al. (2001) relatam que as equações com grande número de variáveis, apesar de mais precisas nas estimativas, podem se tornar inviabilizadas, já que a determinação de componentes, como o DGM e a densidade dos alimentos, em condições práticas, muitas vezes não são possíveis. Assim, o uso de equações com menor número de variáveis apresenta, em relação às outras, maior facilidade por necessitarem de algumas análises, muitas vezes de rotina em laboratórios, que demandam menor tempo e facilidade na determinação (Nunes, 1999).

O ajuste da equação do presente trabalho, com R^2 de 33%, pode ter sido em função ainda de uma baixa variabilidade existente entre a EMAn dos milhos e seus subprodutos energéticos, e por consequência, da baixa variabilidade entre as variáveis de composição química catalogadas.

Quando analisou-se apenas os milhos, no presente trabalho, os CV's foram menores que os calculados para os milhos e seus subprodutos energéticos, assim como também o R^2 da equação de predição ajustada, foi maior quando houve maior variação nos valores da composição química e energética dos alimentos, o que pode ser observado também pela amplitude existente nos dados analisados.

Quando se considerou apenas as 121 informações completas do milho, a equação ajustada apresentou R^2 de 13%, elevando-se para 33% quando considerou-se as 135 informações completas do milho mais seus subprodutos energéticos, com isso o acréscimo de 14 subprodutos energéticos do milho nas análises, possibilitou melhorar o ajuste da equação em 20%.

Na Tabela 9, estão apresentados os CV's entre a EMAn dos milhos mais seus subprodutos energéticos e as variáveis de composição química dos mesmos. Vale salientar que todos os coeficientes e amplitudes demonstrados na Tabela 9, apresentam valores superiores àqueles registrados para as informações completas quando somente foram utilizados os milhos (visto na Tabela 3), indicando que quando há maior variabilidade nesses dados, é possível obter melhores ajustes nas equações de predição obtidas.

TABELA 9. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos milhos e seus subprodutos energéticos (valores expressos com base na matéria seca).

Milho + subprodutos (135 informações completas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	2448	4070	1622	5,59
PB	6,63	12,07	5,44	12,20
EE	1,26	12,22	10,96	40,73
MM	0,88	6,59	5,71	52,45
FB	0,75	5,04	4,29	34,64
FDN	2,78	34,26	31,48	23,60
FDA	1,00	10,29	9,26	38,35

¹Milho e seus subprodutos energéticos.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

As variações nos valores de composição química dos alimentos são sempre esperadas, uma vez que variedades melhoradas geneticamente estão sempre sendo apresentadas ao mercado. Além das variações provenientes dos ingredientes, as várias técnicas de processamento originam subprodutos com uma composição química bastante variada (Rostagno, 1990), concordando com a variabilidade encontrada no presente estudo.

Rodrigues et al. (2001), ao analisarem 9 alimentos (3 milhos, 1 milho pré-cozido, 3 germens de milho e 2 farelos de glúten (60 e 21%), observaram que apesar da menor quantidade de dados para predizer as equações para determinação da EMAn dos alimentos, houve amplitude maior entre os valores mínimos e máximos para as variáveis da composição química, quando comparado com os valores do presente trabalho, sendo portanto as seguintes amplitudes: para PB (54,48%), para EE (6,95%), para MM (6,27%), para FB (6,62%), para FDN (35,97%) e para FDA (15,68%).

Essa amplitude maior observada por Rodrigues et al. (2001) pode justificar o coeficiente de determinação (R^2) melhor para as equações determinadas pelos referidos autores, sendo no mínimo de 96%, enquanto a equação ajustada no presente caso, em particular, considerando os dados completos com milhos e seus subprodutos energéticos, apresentou R^2 com apenas 33%.

Analisando agora o CV detectado no presente trabalho, para os valores de EMAn dos dados cadastrados (CV= 5,59%; Tabela 10), observou-se também variação menor do que os encontrados por Rodrigues et al (2001), onde o CV para a EMAn foi de 18,20% e 17,33%, quando determinados com pintos e galos respectivamente.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e dos valores de EMAn do milho e seus subprodutos energéticos, estão apresentadas na Tabela 10.

TABELA 10. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos milhos e seus subprodutos energéticos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	-0,089	1,000					
EE	-0,074	0,276**	1,000				
MM	-0,718**	0,347**	0,353**	1,000			
FB	-0,222**	0,400**	0,480**	0,400**	1,000		
FDN	0,056	0,226**	0,635**	0,021	0,328**	1,000	
FDA	-0,318**	0,388**	0,355**	0,419**	0,480**	0,452**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Dentre as variáveis analisadas, três apresentam efeitos diretos de correlações negativas (P<0,01) sobre os valores da EMAn dos alimentos utilizados, sendo elas a MM, a FB e a FDA, onde, à medida que uma dessas variáveis aumenta seu teor nos alimentos, afeta a EMAn dos alimentos, fazendo com que a mesma diminua, ou vice-versa, tendo a MM influência maior (-0,718) sobre essa variação energética.

Os resultados do presente trabalho estão consistentes com os de Rodrigues (2000), onde também observou-se correlações negativas entre a MM e o conteúdo de energia dos alimentos (-0,929), só que, analisando milho e subprodutos energéticos e protéicos do milho.

Nunes (1999) ao trabalhar com trigo e alguns de seus subprodutos na alimentação de aves, concluiu que as equações preditas contendo as variáveis PB e FDN foram melhores na estimativa da EM desses alimentos. No entanto, o

referido autor também observou que a MM e o EE também foram boas variáveis para prever o conteúdo energético.

Já os valores protéicos de PB e de EE dos alimentos analisados neste trabalho, também apresentam parcela de contribuição na variabilidade energética dos alimentos em função de suas variações, supostamente de forma indireta, uma vez que tanto a PB como o EE apresentam correlações positivas ($P < 0,01$) com a MM, FB e FDA, revelando um grau elevado de associação entre essas variáveis. Caso ocorra aumento dos teores tanto de PB como EE, ocorrerá aumento também da MM, da FDA e principalmente da FB, tendo como consequência a diminuição da EMAn do alimento.

Portanto, o EE supostamente apresenta-se mais importante do que a PB nessa influência, uma vez que das três correlações apresentadas com a MM (0,353), FB (0,480) e FDA (0,355), duas foram superiores as correlações apresentadas entre a PB e essas mesmas variáveis (MM= 0,347; FB= 0,400 e FDA= 0,388).

Teoricamente a FDN também influenciará indiretamente os valores de EMAn, já que apresenta correlações positivas e altamente significativas ($P < 0,01$) com a PB (0,226), com o EE (0,635) e com a FDA (0,452), que por sua vez, atuam indiretamente, via outras variáveis (PB e EE) e diretamente (através da FDA) na EMAn dos alimentos.

As variáveis mais importantes na alteração da EMAn do milho e seus subprodutos energéticos, são a MM, FB e FDA. Porém ao considerar a equação ajustada $EMAn = 3831,40 + 28,40PB + 19,52EE - 163,80MM - 69,71FB - 13,72FDN + 31,04FDA$ ($R^2 = 0,33$), a variável apontada como mais importante no modelo foi a MM (R^2 parcial = 0,2033), seguido da PB (R^2 parcial = 0,0331), da FB (R^2 parcial = 0,0321), da FDA (R^2 parcial = 0,0259), da FDN (R^2 parcial

= 0,0214) e por fim do EE (R^2 parcial = 0,0188). Portanto, 33 % da variabilidade nos valores da EMAn dos alimentos é explicada por estas variáveis.

Como a PB tem correlação positiva altamente significativa ($P < 0,01$) com a MM (0,347), com a FB (0,400) e com a FDA (0,388) e todas essas variáveis apresentam-se no modelo ajustado, a PB potencializou a ação dessas três variáveis, que, por sua vez, irão atuar no valor energético do milho e seus subprodutos, diretamente.

O EE apresentou correlações mais altas com a MM e a FB, quando comparado com a PB, no modelo ajustado da equação de predição, sendo o EE considerado a variável menos importante no ajuste do modelo, entrando por último na equação de predição, pelo método de Stepwise. Portanto sugere-se que a importância das variáveis no modelo predito definido, seja pelas correlações existentes entre as variáveis, quando estudadas em conjunto.

As equações de predição para estimar a EMA dos alimentos para aves vêm recebendo credibilidade crescente e constituem importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulação de rações. Representam um método indireto de determinação da EMA, mediante o uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos (Vieites et al., 2000).

Considerando todas as informações (completas+incompletas), catalogados para o milho e seus subprodutos energéticos, no total de 197 (visto na Tabela 2), a equação de predição obtida, apesar da quantidade maior de dados, apresentou o melhor ajuste para estimar o valor da EMAn desses alimentos, com R^2 de 43% (Tabela 11).

Foram realizados os procedimentos estatísticos da meta-análise, e a partir daí ajustadas e obtidas as equações de predição para estimar os valores energéticos desses alimentos, utilizando a composição em PB, EE, MM e FB.

TABELA 11. Equações de predição obtidas para estimar o valor de EMAn do milho e seus subprodutos energéticos, em função da composição química dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+3945,59	---	---	-168,21	---	0,40
+4020,50	---	---	-151,34	-46,33	0,43

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

A equação que melhor se ajustou para estimar a EMAn do milho e seus subprodutos energéticos foi $EMAn = 4020,50 - 151,34MM - 46,33FB$, com R² de 43%. Quando se considera o conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo foi a MM (R² parcial = 0,3956), seguida da FB (R² parcial = 0,0387).

Ao considerar apenas as 135 informações completas do milho e seus subprodutos energéticos, a equação ajustada apresentou R² de 33%, elevando-se para 43% quando foram consideradas as 197 informações cadastradas (completas e incompletas) para o milho e seus subprodutos energéticos. Mesmo aumentando o número de informações, o ajuste da equação de predição ainda não foi satisfatório.

Esse ajuste com R² baixo pode ter sido em função ainda da baixa variabilidade existente entre a EMAn dos alimentos cadastrados, e por consequência, entre as variáveis da composição desses alimentos. Na Tabela 12, são apresentados os CV's e a amplitude entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos alimentos.

TABELA 12. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Milho + subprodutos (197 informações = completas+incompletas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	1770	4148	2378	9,47
PB	6,63	13,00	6,37	12,81
EE	0,67	14,51	13,84	45,52
MM	0,40	7,20	6,80	62,35
FB	0,51	15,03	14,52	73,24

¹Milho e seus subprodutos energéticos.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Variações nos valores de composição entre os alimentos existem e, segundo Azevedo (1996), a diversidade de alimentos e seus subprodutos utilizados na formulação de rações para aves são indicativos da necessidade de se conhecer, cada vez mais, os seus valores nutritivos e energéticos, objetivando melhor aproveitamento e utilização de forma mais racional dos alimentos, visando redução nos custos e uma melhor produtividade.

Variação na composição química e energética dos alimentos pode comprometer a eficiência do sistema de produção, uma vez que a composição das matérias-primas influi na qualidade da ração e, conseqüentemente, na manifestação do potencial máximo de desempenho das aves (Albino et al, 1994).

A maximização do potencial de desenvolvimento animal depende de vários fatores. Ao lado de condições favoráveis, inerentes ao ambiente de criação e da saúde dos animais, a nutrição correta, adotando-se técnicas

aprimoradas no preparo das rações, constitui-se em pressuposto básico para a otimização da produção (Zanotto & Monticelli, 1998).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn do milho e seus subprodutos energéticos, estão apresentadas na Tabela 13. Observa-se que houve correlações estatisticamente significativas ($P < 0,01$), entre algumas variáveis analisadas e a EMAn dos alimentos, nessa situação em particular.

TABELA 13. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos milhos e seus subprodutos energéticos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	-0,267**	1,000			
EE	0,036	0,243**	1,000		
MM	-0,347**	0,410**	0,252**	1,000	
FB	-0,746**	0,396**	0,108	0,242**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,01$).

Correlações negativas e altamente significativas ($P < 0,01$), atuando diretamente sobre os valores energéticos dos alimentos foram constatadas para a PB (-0,267), MM (-0,347) e para FB (-0,746), onde esta última tem uma influência maior na EMAn desses alimentos, e essas correlações revelam certo grau de associação entre essas variáveis (PB, MM e FB) e a energia.

Por serem correlações negativas entre a PB, MM, FB e a EMAn dos alimentos, à medida que uma dessas três variáveis (PB, MM e FB) aumenta de teor nos alimentos, afeta a EMAn dos alimentos, fazendo com que a mesma diminua, ou vice-versa.

Classen (1996) esclarece que a fração solúvel da fibra produz efeitos negativos no desempenho das aves, pois estão associadas ao aumento da viscosidade intestinal e às alterações morfológicas e fisiológicas no trato digestivo. Philip et al. (1995), explicam que em contato com a água, a fração solúvel da fibra forma um gel que funcionará também como uma barreira à ação hidrolítica das enzimas, dificultando o contato destas com os grânulos de amido, com as moléculas protéicas e lipídicas dos alimentos, e também esse gel diminuirá o contato do bolo alimentar com as células absorptivas da membrana intestinal dos animais, fazendo com que ocorra uma redução na digestão e absorção dos nutrientes, e conseqüentemente diminuindo o valor energético dos alimentos, concordando com os resultados do presente trabalho.

Pelos resultados do presente trabalho, existem correlações positivas ($p < 0,01$) entre as variáveis que atuam sobre os valores de EMAn dos alimentos, onde a mais alta foi entre a PB e a MM (0,410), seguida daquela entre a PB e a FB (0,396) e por fim, entre a MM e a FB (0,242). Portanto, pode-se concluir que a FB apresenta uma influência maior (-0,746) sobre a variação energética dos alimentos, porque a mesma sofrerá dupla influência, sendo tanto da PB como da MM dos alimentos.

Se ocorrer o aumento apenas do valor PB do alimento, isso acarreta aumento da MM e da FB, e por conseqüência do aumento da MM proveniente da correlação existente entre a PB e a MM, ocorre um novo aumento da FB, em função da correlação positiva também entre a MM e a FB e, conseqüentemente, diminuição da EMAn do alimento.

Efeito supostamente indireto na variação dos valores da EMAn dos alimentos foi demonstrado, onde correlações positivas ($P < 0,01$) entre o EE e a PB, e entre o EE e a MM foram observadas, mesmo sendo baixas, de 0,243 e 0,252, respectivamente. Com isso, a variação do EE interfere na variação da PB e MM, que, por sua vez, influenciam sobre os valores da EMAn.

O teste de multicolinearidade foi realizado também para o milho e seus subprodutos energéticos, de acordo com Montgomery & Peck (1981), tanto utilizando as 135 informações completas, como também todas as 197 informações (completas e incompletas), onde também não se observou significância estatística em nenhum dos casos e, portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não se visualizaria inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

3.1.3 Alimentos energéticos

Foram geradas equações de predição para estimar os valores da EMAn utilizando-se os alimentos energéticos que, usualmente, compõem as rações avícolas, realizando inicialmente o procedimento estatístico para as informações completos e subseqüentemente para todas as informações (completas e incompletas), observando-se os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o R^2 para as equações de predição ajustadas, em cada caso em particular.

Ao se considerar as 197 informações completas (visto na Tabela 1), as equações de predição obtidas que tiveram os melhores ajustes para estimar o valor de EMAn para os alimentos energéticos, apresentaram R^2 de 81%. Na

tabela 14, estão as equações obtidas utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 14. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn dos alimentos energéticos, em função da composição química desses alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+4013,41	---	---	---	-180,40	---	---	0,70
+4275,52	---	---	---	-102,01	-28,06	---	0,75
+4346,05	---	---	-114,26	-36,52	-29,86	---	0,78
+4225,07	---	34,09	-132,98	-35,62	-28,83	---	0,80
+4205,23	---	+30,58	-130,35	-58,29	-28,31	+16,71	0,81
+4371,18	-26,48	+30,65	-126,93	-52,26	-25,14	+24,40	0,81

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Observa-se que duas equações se ajustaram, com R² semelhantes (81%), para determinar a EMAn dos alimentos energéticos, sendo uma com todas as variáveis analisadas, EMAn = 4371,18 – 26,48PB + 30,65EE – 126,93MM – 52,26FB – 25,14FDN + 24,40FDA; e outra, mais simples, como apenas cinco das variáveis estudadas: EMAn = 4205,23 + 30,58EE – 130,35MM – 58,29FB – 28,31FDN + 16,71FDA.

Penz Jr. & Kessler (1995) observaram estimativas de equações de predição com as respectivas medidas *in vivo* dos mesmos alimentos e afirmaram que a equação é mais adequada para os ingredientes em apenas um ou dois componentes da equação. Assim, uma equação com menos variáveis, como por

exemplo, composta de duas variáveis, e com R^2 relativamente alto, irá minimizar o custo de análises laboratoriais e proporcionar maior rapidez para formulação de rações.

As duas equações ajustadas com R^2 semelhantes nessa etapa do trabalho, devem ser testadas futuramente através de ensaios metabólicos realizados com frangos de corte em fase de crescimento, conforme trabalho conduzido por Nagata et al. (2004) e, caso a resposta seja idêntica e confiável estatisticamente nas duas situações, poderá ser adotada a equação com menos variáveis.

Os R^2 's das equações ajustadas, calculados nas três situações específicas (banco de dados apenas com informações do milho, com informações milho e seus subprodutos energéticos e com informações dos alimentos energéticos), foram aumentando proporcionalmente ao aumento da variabilidade existente entre a EMAn dos alimentos catalogados, e por consequência, entre as variáveis de composição química. Portanto, pode-se assumir que quanto maior a variabilidade entre esses valores, maior precisão tem a equação ajustada para determinar os valores de EMAn dos alimentos energéticos, através do princípio da meta-análise.

Tal observação está em acordo com Albino & Silva (1996), onde afirmam que as equações de predição utilizam parâmetros físicos e químicos dos alimentos e podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos valores energéticos; conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada, quando a composição química dos alimentos tem ampla variabilidade.

Quando se consideraram apenas as informações completas do milho no presente trabalho, a equação ajustada apresentou R^2 de 13%, elevando-se para 33% quando essas informações foram para o milho e seus subprodutos energéticos, e por fim elevando-se mais uma vez para 81% quando consideraram-se as informações para os alimentos energéticos.

Essa observação da baixa variação expressa pelos coeficientes de variação nas análises anteriores, somente foi discutida e levada em consideração, a partir das análises realizadas nessa etapa do trabalho, ou seja, com todos os alimentos energéticos, quando na ocasião, houve uma variação maior entre esses valores, e por consequência um ajuste melhor das equações preditas.

Na Tabela 15, são apresentados os CV's e as amplitudes entre as variáveis de composição química e valores da EMAn dos alimentos. Vale salientar que todos os coeficientes demonstrados nessa etapa, apresentam valores superiores àqueles registrados para as informações completas somente dos milhos, como também para as informações completas dos milhos e seus subprodutos energéticos.

TABELA 15. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos alimentos energéticos (valores expressos com base na matéria seca).

Alimentos energéticos (197 informações completas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	710	4386	3676	21,67
PB	2,82	19,86	17,04	30,29
EE	0,37	16,58	16,21	50,83
MM	0,88	11,25	10,37	79,03
FB	0,51	12,26	11,75	87,21
FDN	1,48	50,74	49,26	54,52
FDA	0,68	21,08	20,40	68,51

¹Alimentos energéticos usualmente utilizados nas rações avícolas.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Além dos métodos, a falta de uniformidade dos laboratórios e institutos de pesquisa permite a obtenção de resultados distintos para a EM e composição química de um alimento ou vários alimentos, quando se utiliza uma mesma metodologia (Bourdillon et al., 1990), o que pode justificar a variabilidade existente entre as informações catalogadas no presente trabalho.

A energia metabolizável, além de ser utilizada para avaliar o valor nutritivo dos alimentos, é a melhor medida para expressar a energia disponível dos alimentos e a energia requerida pelas aves, sendo que esses valores de energia metabolizável podem variar em função da idade da ave, dos componentes da ração, da metodologia utilizada para determinação, etc. (Nascimento et al., 1998).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos energéticos, estão apresentadas na Tabela 16.

TABELA 16. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos energéticos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	-0,817**	1,000					
EE	-0,029	0,123	1,000				
MM	-0,801**	0,699**	0,292**	1,000			
FB	-0,856**	0,800**	0,132	0,863**	1,000		
FDN	-0,860**	0,792**	0,158*	0,713**	0,872**	1,000	
FDA	-0,576**	0,643**	0,165*	0,648**	0,764**	0,613**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Das seis variáveis de composição química dos alimentos analisados, cinco se correlacionaram direta e negativamente ($P < 0,01$) com a EMAn dos mesmos, na seguinte ordem de importância: FDN (-0,860); FB (-0,856); PB (-0,817), MM (-0,801) e FDA (-0,576), acarretando prejuízos nos valores energéticos dos alimentos à medida que seu teor se eleva na composição alimentar.

Ao avaliarem vários alimentos energéticos e 1 protéico (4 farelos de trigo, trigo grão, farinha morena, farinha de trigo, resíduo de biscoito, resíduo de macarrão, triguilho e gérmen de trigo), Nunes et al. (2001), observaram que entre todos os parâmetros utilizados para determinar as equações de predição, o EE foi o único que teve correlação positiva com os valores de EMAn, porém com baixa correlação (0,32). Já para as demais variáveis independentes, as que apresentaram maior correlação com os valores de EMAn, porém correlação negativa, foram FDN (0,95), MM (0,94), FB (0,93), P (0,93), Ca (0,90), FDA (0,84), PB (0,49) e Diâmetro geométrico médio - DGM (0,35).

A FDN, por ser considerada importante na variação dos valores energéticos dos alimentos do presente estudo, pode-se afirmar que a determinação dessa variável se torna importante nos trabalhos científicos que abordam valores nutricionais dos alimentos utilizados nas rações avícolas o que, na maioria das vezes não acontece e que foi percebido na revisão realizada para o presente trabalho.

Pelos resultados, a FDN apresenta-se como a variável mais importante no efeito da variabilidade energética dos alimentos, uma vez que a mesma se correlacionou positivamente com todas as outras variáveis, de forma elevada, revelando alto grau de associação entre as mesmas. Primeiramente a FDN sofre alteração em função do teor de FB do alimento, ou seja, à medida que a FB do alimento eleva-se, a FDN também se eleva de forma considerável, e,

consequentemente, o valor energético do alimento reduz, já que a correlação existente entre a FB e a FDN é razoavelmente alta e positiva (0,872; $P < 0,01$), enquanto que a correlação entre a FDN e a EMAn do alimento, também é alta, só que negativa (-0,860).

Rodrigues et al. (2001), estudando o milho mais subprodutos e milhetos, notou que as equações preditas com as variáveis PB, FB ou FDN, MM e amido apresentaram bons ajustes, com elevados valores de R^2 , mostrando que mais de 96% da variabilidade nos valores da EMAn determinados com pintos em crescimento é explicada por estas variáveis. Já para Nunes et al (2001), a equação contendo uma variável, mostrou que a FDN foi a variável que proporcionou melhor valor de R^2 (0,91), para EMAn.

No presente trabalho, a FB do alimento mostrou-se também muito importante, em se tratando de variação nos valores energéticos dos alimentos analisados, já que tem efeitos supostamente direto e indireto, uma vez que se correlacionou tanto com a EMAn, como com todas as variáveis da composição química alimentar que terão efeito numa possível variação na EMAn dos alimentos energéticos.

As correlações existentes entre a FB e as variáveis de composição química, foram todas positivas e altamente significativas ($P < 0,01$), na seguinte ordem de importância: FB e FDN (0,872); FB e MM (0,863); FB e PB (0,800) e em menor proporção entre a FB e a FDA (0,764). No entanto, se ocorrer elevação dos teores de qualquer uma dessas variáveis (FDN, MM, PB e FDA), consequentemente o teor de FB do alimento também se eleva, fazendo com que ocorra prejuízo, ou seja, redução do valor de EMAn dos alimentos.

Além das variáveis FDN, MM, PB e FDA atuarem negativamente nos valores de EMAn dos alimentos, onde o aumento de qualquer uma delas reduz o

valor energético alimentar, as mesmas ainda influenciam aumentando a FB do alimento, fazendo com que o valor energético seja ainda mais prejudicado.

Estudos com frangos de corte, onde Borges et al (2003) analisaram o trigo e subprodutos do trigo e determinaram 4 equações de predição para os valores da EMAn, utilizando a composição química desses alimentos, observaram que a FB fez parte em todas as equações ajustadas ($EMAn = 3183,2 - 130,9FB - 226,8EE + 77,8PB - 118,7MM$, $R^2 = 0,96$; $EMAn = 3670,5 - 186,6FB - 220,9EE + 41,3PB$, $R^2 = 0,95$; $EMAn = 4337,0 - 202,0FB - 156,8EE$, $R^2 = 0,93$; $EMAn = 3671,7 - 199,7FB$, $R^2 = 0,73$), revelando com isso a importância dos teores de fibra bruta dos alimentos sobre a variabilidade energética dos mesmos.

Observou-se que além do efeito negativo e provavelmente direto das variáveis de composição química (FDN, FB, PB, MM e FDA) sobre os valores da EMAn dos alimentos, também ocorreram correlações positivas entre todas elas, portanto elevando-se qualquer uma delas, na composição química do alimento, isso será refletido na elevação de todas as outras, fazendo com que o efeito mais drástico seja a redução do valor de EMAn dos alimentos, claro, em dimensões diferentes, já as correlações apresentam-se diferentes de acordo com a importância das variáveis.

A FDA diferentemente da FDN, foi das variáveis analisadas da composição química do alimento, a menos importante para que ocorra redução no valor da EMAn do alimento, nesse caso em particular. Apesar da baixa correlação negativa existente entre a FDA e a EMAn (-0,576), quando comparada com as outras correlações negativas, não foi possível deixar de considerá-la, sendo que, pelos resultados, conclui-se que além da celulose e lignina presentes no alimento, a hemicelulose pode ser considerada bem mais

importante, quando ocorre redução na energia metabolizável (EMAn) dos alimentos.

As variáveis mais importantes na alteração do valor energético dos alimentos, e que atuam de forma direta na EMAn são a FDN, FB, PB, MM e FDA, ao considerar-se os modelos das equações ajustadas: $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$; e outra mais simples: $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$, ambas com R^2 de 81%. Ao considerar o conjunto das variáveis para ajustar o modelo, observa-se que a variável apontada como a mais importante no modelo foi a FB (R^2 parcial = 0,6916), seguido da FDN (R^2 parcial = 0,0632), da MM (R^2 parcial = 0,0300), do EE (R^2 parcial = 0,0182), da PB (R^2 parcial = 0,0075) e por fim, da FDA (R^2 parcial = 0,0049).

A FB, além de atuar supostamente de forma direta sobre a EMAn dos alimentos energéticos, também participa diretamente e de forma considerável sobre todas as outras variáveis da composição química que, por sua vez, também atuam “diretamente” sobre esse mesmo valor energético. Portanto, no ajustamento do modelo de regressão múltipla, ao considerar o efeito conjunto dessas variáveis na equação predita, provavelmente o grau de importância da FB do alimento tenha se dado em função dessa observação, onde, conseqüentemente, tornou-se a variável mais importante na equação de predição ajustada.

Borges et al. (1999) trabalharam com sete alimentos oriundos do trigo, estimando equações para predizer o valor energético (EMA, EMAn, EMV e EMVn) desses alimentos a partir da análise bromatológica. Esta pesquisadora constatou que a FB foi a variável que melhor relacionou-se com os valores de energia metabolizável; porém, este valor isolado não foi suficiente para uma boa estimativa dos

valores energéticos (R^2 abaixo de 80%), mas quando somada ao EE e à PB aumentou-se a precisão das equações, com valores para o R^2 acima de 90% na maioria das equações.

O NRC (1994) apresenta várias equações de predição de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio (EMAn) para vários alimentos, a partir da composição química, propostas por diversos autores. A equação proposta para o trigo e seus subprodutos sob a forma de farelos e farinhas é descrita como $EMAn=3,985-205 FB$, fortalecendo a tese de que a FB é uma variável importante na predição de equações para determinação dos valores de EMAn de alguns alimentos energéticos.

Para o milho e o farelo de glúten 60, a FB bruta não tem tanta importância assim, pois as equações ajustadas para predizer a EMAn desses dois alimentos, inclui as seguintes variáveis: PB, EE e extrato não nitrogenado. Enquanto que para o farelo de glúten 21, a FB tem sua influência na variabilidade energética de tal alimento, já que a equação ficou composta com a MM, PB, EE e FB (NRC, 1994).

Como o teor protéico dos alimentos teve pouca representatividade nos modelos ajustados ($EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$; $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$), onde o mesmo pode ou não estar presente nas equações de predição, o que não trará prejuízos no R^2 das mesmas (0,81). Se as respostas comparadas aos experimentos “in vivo” se apresentarem idênticas e confiáveis, estatisticamente, para as duas equações, pode-se adotar a equação com menos variáveis, de acordo com Nunes (1999). Vale ressaltar, entretanto, que a determinação da PB dos ingredientes das rações é uma análise rotineira em Laboratórios.

Considerando as 375 informações (completas+incompletas), catalogadas para os alimentos energéticos (visto na Tabela 1), a equação de predição obtida apesar de uma quantidade maior de dados, quando comparado com as 197

informações analisadas anteriormente para os mesmos alimentos, apresentou o melhor ajuste para o valor de EMAn, com R² de 75%, valor inferior àquele determinado para as equações ajustadas anteriormente (R²= 81%). As equações nessa etapa foram ajustadas e obtidas, por intermédio da composição em PB, EE, MM e FB (Tabela 17).

TABELA 17. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn dos alimentos energéticos, em função da composição química dos mesmos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+3912,34	---	---	---	-138,63	0,60
+4423,08	-50,62	---	---	-120,18	0,72
+4378,55	-42,41	---	-54,56	-102,31	0,74
+4265,54	-37,52	+22,21	-70,88	-97,07	0,75

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Nessas 375 informações analisadas foram desconsideradas as variáveis FDN e FDA para as análises de regressão múltipla, logo foi observado que nas análises anteriores a celulose, a lignina e principalmente a hemicelulose são parâmetros importantes na composição química dos alimentos, e que influenciam o valor da EMAn dos mesmos.

A equação que melhor se ajustou para estimar a EMAn dos alimentos energéticos, nessa etapa do trabalho, foi: EMAn = 4265,54 – 37,52PB + 22,21EE – 70,88MM – 97,07FB; com R² de 75%. Quando se considera o

conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo foi a FB (R^2 parcial = 0,6043), seguida da PB (R^2 parcial = 0,1203), da MM (R^2 parcial = 0,0165) e por fim do EE (R^2 parcial = 0,0080).

Esse ajuste com R^2 de 75%, pode ter sido em função da retirada das variáveis FDN e FDA das análises, já que a variabilidade existente nessas 375 informações, entre a EMAn dos alimentos e por consequência entre as variáveis da composição química, foram superiores àqueles CV's e amplitudes, cadastrados em todos os bancos de dados analisados anteriormente (somente milho, milho e seus subprodutos energéticos e as 197 informações completas dos energéticos). Na Tabela 18, são apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores da EMAn dos alimentos.

TABELA 18. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Energéticos (375 informações = completas+incompletas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	710	4386	3676	22,03
PB	1,47	19,86	18,39	35,95
EE	0,03	20,50	20,47	75,27
MM	0,30	12,61	12,31	93,30
FB	0,31	22,20	21,89	94,22

¹Alimentos energéticos usualmente utilizados na ração de aves.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

A variação na composição química e energética de um mesmo ingrediente, através dos anos é evidenciada por estudos como os de Albino et al. (1982), Albino & Fialho (1984), Albino et al. (1994), Coelho et al. (1983), Lanna et al. (1979) e Rutz (1983).

Dentre os vários fatores que podem interferir nos resultados das avaliações de energia dos alimentos, pode-se citar entre os mais importantes: idade, procedimento experimental, granulometria, processamento e espécie animal envolvida (Freitas et al., 2005; Penz Jr. et al., 1999). Portanto a meta-análise, utilizada no presente trabalho, foi fundamental para isolar os fatores, idade, sexo e metodologia empregada nos ensaios de metabolismo.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos, estão apresentadas na Tabela 19, onde observa-se que houve correlações negativas, estatisticamente significativas ($P < 0,01$), entre algumas variáveis analisadas e a EMAn dos alimentos.

TABELA 19. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	-0,549**	1,000			
EE	0,079	0,159**	1,000		
MM	-0,647**	0,536**	0,256**	1,000	
FB	-0,749**	0,219**	-0,030	0,606**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,01$).

Atuando, com efeito, supostamente direto sobre os valores de EMAn dos alimentos, foram constatadas correlações negativas e altamente significativas ($P < 0,01$) para a FB (-0,749), MM (-0,647) e para PB (-0,549), onde a primeira (FB) tem influência maior na EMAn dos alimentos, e essas correlações revelam grau de associação entre essas variáveis (FB, MM e PB) e a energia.

Por serem correlações negativas entre a FB, MM, PB e o valor da EMAn dos alimentos, à medida que uma dessas três variáveis (FB, MM e PB) aumenta de teor nos alimentos, afeta a EMAn dos alimentos, fazendo com que a mesma diminua, ou vice-versa.

Mais uma vez a FB mostrou-se muito importante na variação da EMAn dos alimentos analisados, já que terá provavelmente efeitos direto e indireto, uma vez que se correlacionou tanto com a EMAn (-0,749), como com todas as variáveis da composição química alimentar que terão efeito direto numa possível variação da EMAn.

Isso implica dizer, que com o aumento do teor de FB do alimento, ocorrerá diminuição da EMAn do mesmo, como também aumento da MM e PB, resultando no efeito potencializado, pois como esses últimos estão correlacionados positivamente (0,606 e 0,219) com a FB, respectivamente, o efeito da FB sobre o valor energético do alimento será potencializado devido a ação dessas duas variáveis, que atuam “indiretamente”, via FB, como também diretamente sobre a EMAn.

Se ocorrer o aumento apenas do valor de PB do alimento, isso provoca o aumento da MM e da FB, e por consequência do aumento da MM proveniente da correlação existente entre a PB e a MM, ocorrerá um novo aumento da FB, em função da correlação positiva também entre a MM e a FB e, conseqüentemente, diminuição da EMAn do alimento mais eficientemente.

A influência da PB na variação energética do alimento também foi constatada por Janssen (1989), que publicou equações de predições, que estimam os valores energéticos de alguns alimentos energéticos (milheto: $EMAn = 36,21PB + 69,60EE + 38,10ENN$; sorgo: $EMAn = 31,02PB + 77,03EE + 37,67ENN$; gérmen de milho: $EMAn = 21,12PB + 87,24EE + 32,29ENN$; quirera de milho: $EMAn = 36,21PB + 85,44EE + 37,26ENN$ e milho: $EMAn = 36,21PB + 85,44EE + 37,26ENN$), observando-se que em todas as equações, a PB esteve sempre presente no ajuste. No entanto, ao testar a aplicabilidade dessas equações propostas por Janssen (1989), para diferentes alimentos energéticos, Nagata et al. (2004), observaram que, de maneira geral, as equações superestimaram os valores energéticos dos alimentos testados.

No mesmo trabalho, Nagata et al. (2004), testaram outras equações geradas a partir de experimentos realizados aqui no Brasil (Rodrigues, 2000; Rodrigues et al., 2001), já que as equações de Janssen (1989) são provenientes de trabalhos europeus e concluíram que a equação de predição, $EMAN = 4021,8 - 227,55MM$, gerada por Rodrigues (2000), foi a mais indicada para prever os valores de EMAN dos alimentos energéticos estudados.

Este resultado reforça a tese de que fatores como tipo e condições de solo, variedade genética e o processamento dos alimentos, além de vários outros fatores, podem influenciar a composição química e, conseqüentemente, o valor de energia metabolizável dos subprodutos de origem vegetal (Freitas et al., 2005), o que, conseqüentemente, irá influenciar nas equações ajustadas em diferentes Países.

Dados de pesquisas estrangeiras, sob certos aspectos, na maioria das vezes, não podem ser aplicados nas condições brasileiras, em função das diversidades acima explicadas, o que leva à necessidade de uma busca constante de atualização das tabelas brasileiras, com um maior número de informações sobre o valor nutricional dos alimentos testados no Brasil (Rostagno, 1990).

Constataram-se no presente trabalho, correlações positivas ($p < 0,01$) entre as variáveis que atuam diretamente sobre os valores de EMAn dos alimentos, onde a mais alta foi entre a FB e a MM (0,616), seguida daquela entre a PB e a MM (0,536), entre a MM e o EE (0,256), entre a PB e a FB (0,219) e por fim, entre a PB e o EE (0,159). Portanto, pode-se concluir que a FB apresenta uma influência maior (-0,749) sobre a variação da EMAn dos alimentos, porque a mesma sofrerá dupla influência, sendo tanto da PB como da MM dos alimentos.

O EE dos alimentos tem pouca influência na variação do teor da EMAn dos alimentos analisados, já que, pelas correlações apresentadas, essa variável não está correlacionada ($P > 0,05$) diretamente com a EMAn, mas sim de forma bem discreta com a MM (0,256) e com a PB (0,159), o que será refletido no grau de importância dessa variável (EE) na composição final da equação ajustada na regressão múltipla.

Ao considerar o modelo da equação ajustada, $EMAn = 4265,54 - 37,52PB + 22,21EE - 70,88MM - 97,07FB$ ($R^2 = 0,75$), levando-se em consideração a ação conjunta das variáveis no modelo, a variável apontada como a mais importante no modelo foi a FB (R^2 parcial = 0,6043), seguida da PB (R^2 parcial = 0,1203), da MM (R^2 parcial = 0,0165) e por fim do EE (R^2 parcial = 0,0080).

No presente caso, como no banco de dados não havia informações sobre a FDN e FDA, a PB também mostrou-se importante na variação da EMAn dos alimentos analisados, conjuntamente com as variáveis EE, MM e FB, onde a variabilidade nos valores energéticos explicada por estas variáveis, foi de apenas 75%, sendo no entanto, a FB considerada a variável mais importante.

A FB além de atuar diretamente sobre a EMAn dos alimentos energéticos, também participa, provavelmente de forma direta e de forma

considerável sobre todas as outras variáveis da composição química que, por sua vez, também atuam diretamente sobre esse mesmo valor energético (EMAn).

No ajustamento do modelo de regressão múltipla, ao considerar o efeito conjunto dessas variáveis na equação obtida, provavelmente o grau de importância da FB do alimento tenha se dado em função dessa observação onde, conseqüentemente, tornou-se a variável mais importante na equação de predição ajustada.

A parede celular das fibras dos vegetais apresenta conteúdo de polissacarídeos não amídicos (PNA's) de forma variável, acarretando efeito negativo na habilidade das aves em digerir alguns nutrientes, particularmente do amido, da proteína e gordura (Smits & Annison, 1996), uma vez que o aumento da viscosidade do bolo alimentar gerada pela presença dos PNA's influenciará acarretando a diminuição do contato do bolo alimentar com as células absorptivas da membrana intestinal dos animais, fazendo com que ocorra uma redução na digestão e absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, diminuindo o valor energético dos alimentos (Philip et al., 1995).

Foi realizado o teste de multicolinearidade, da mesma forma que nas análises anteriores (somente milho e milho mais seus subprodutos energéticos), de acordo com Montgomery & Peck (1981). Para os alimentos energéticos analisados nessa etapa do trabalho, não foi observado significância estatística em nenhum dos casos e, portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não se visualizaria inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

4 CONCLUSÕES

Os coeficientes de determinação das equações de predição ajustadas, foram aumentando proporcionalmente ao aumento da variabilidade (CV) existente entre a EMAn dos alimentos, e por consequência, da variabilidade na composição química dos mesmos. Portanto, assume-se que quanto maior a variabilidade entre esses valores, maior precisão tem a equação ajustada para estimar os valores da EMAn dos alimentos energéticos, através do princípio da meta-análise.

As equações que melhor se ajustaram para estimar os valores de EMAn dos alimentos energéticos foram: $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ ($R^2 = 81$) e $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$, ambas com R^2 de 81%.

A FB foi a variável da composição química dos alimentos mais importante nas equações de predição ajustadas, onde ela explicará boa parte da variabilidade nos valores de EMAn dos alimentos energéticos.

Os teores de FDN e FDA são muito importantes na variabilidade da EMAn dos alimentos energéticos, logo a celulose, a lignina e principalmente a hemicelulose são parâmetros importantes na composição química deles.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T.; BRUM, P. A. R. de; FIALHO, F. B.; PAIVA, G. J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excreta na determinação da energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 467-473, mar. 1994.

ALBINO, L. F. T.; FERREIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; CESAR, S. S. Determinação dos valores de energia metabolizável e matéria seca aparentemente metabolizável de alguns alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 207-221, mar./abr. 1982.

ALBINO, L. F. T.; FIALHO, E. T. Avaliação química e biológica de alguns alimentos usados em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 291-300, maio/jun. 1984.

ALBINO, L. T. F.; 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, nov./dez. 1992.

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.

ALBINO, L. F. T.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R.; COELHO, M. G. R. Energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos determinados com galos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1433-1437, dez. 1989.

AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; BAIÃO, N. C.; TEIXEIRA, E. A.; VALADARES, R. C.; PIGNOLATE, I. L. Avaliação de métodos para estimar energia metabolizável em alimentos para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999. p. 386-388.

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 de 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. 2003.

BOURDILLON, A.; CARRE, B.; CONAN, L.; DUPERRAY, J. European reference method for the in vivo determination of metabolisable energy with adult cockerels: reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 31, n. 3, p. 557-565, Sept. 1990.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J. E.; VARGAS JR, J. G.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; 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, v. 33, n. 2, p. 358-364, mar./abr. 2004.

CLASSEN, H. L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 21-27, Oct. 1996.

COELHO, M. G. R.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; SILVA, D. J. da. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos, determinados com pintos e galos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AVICULTURA, 8., 1983, Camboriú. **Anais**. Camboriú: ACA/UBA, 1983. p. 79-95.

COLNAGO, C. L.; ROSTAGNO, H. S.; COSTA, P. M. Valores energéticos e efeito da idade dos suínos sobre a digestibilidade de alguns alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 665-678, jul./ago. 1979.

COOPER, H. M. **Integrating research**: a guide for literatura reviews. 2 ed. Newbury Park: Sage, 1990. 157 p.

CRUZ, C. D. **Programa GENES** – análise multivariada e simulação. Viçosa: Editora UFV, 2006. 175 p.

DALE, N. **Ingredient analysis table**: 1999 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 24-31, July 1999.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2. ed. New York: John Wiley, 1981. 709 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia: CNPSA, 1991. 97 p. (Documentos, n. 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.

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

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, v. 6, p. 3-8, 1976.

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo: HUCITEC, Editora da Universidade de São Paulo, 1977.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen: [s. n.], 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

KIRBY, K. N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 475 p.

KRABBE, E. L. **Efeito do desenvolvimento fúngico em grãos de milho durante o armazenamento e do uso do ácido propiônico sobre as características nutricionais e o desempenho de frangos de corte**. 1995. 176 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

LANNA, P. A. S.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J. da; FONSECA, J. B.; FRANQUEIRA, J. M. Tabela de composição de alimentos concentrados. I. Valores de composição química e de energia metabolizável determinados com pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 516-523, maio/ jun. 1979.

LESSON, S.; YERSIN, A.; VOLKER, L. Nutritive value of the 1992 corn crop. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 2, p. 208-213, 1993.

McNAB, J. M. Factors affecting the energy value of wheat for poultry. **World's Poultry Science, Journal**, Wallingford, v. 1, n. 52, p. 69-73, Mar. 1996.

MITTELSTAEDT, C.; TEETER, R. G. An evaluation of soft and hard red winter wheat for nitrogen-corrected true metabolizable energy, crude protein, and amino acid content. **Poultry Science**, Champaign, v. 7, n. 72, p. 1379-1382, 1993.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504 p.

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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 668-677, maio/jun. 2004.

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, v. 27, n. 3, p. 579-583, maio/jun. 1998.

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

NUNES, R. V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis da grão de trigo e seus subprodutos para aves**. 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; TOLEDO, R. S. 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, v. 30, n. 3, p. 785-793, maio/jun. 2001.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição**. 2004. 181 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PENZ JR., A. M.; KESSLER, A. M. O que a galinha come? **Aves e Ovos**, São Paulo, v. 15, n. 02/03, p. 66-76, jan. 1995.

PENZ JR., A. M.; KESSLER, 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.

PHILIP, J. S.; GILBERT, H. J.; SWITHARD, R. R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 36, n. 4, p. 599-605, Sept. 1995.

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

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, 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, v. 31, p. 1771-1782, 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^a, 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 11- 30.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1983. 59 p.

RUTZ, F. **Utilização do farelo de colza e outros alimentos na ração de pintos até quatro semanas de idade**. 1983. 60 p. Dissertação de (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SAS INSTITUTE – Statistical Analysis System. **SAS/STAT user's Guide**. version, 5. Cary, 1995.

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. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiological valid approach to their determination. **World Poultry Science Journal**, Madison, v. 52, n. 2, p. 203-221, June 1996.

VIEITES, F. M.; ALBINO, L. F. T.; SOARES, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; MOURA, C. O.; TEJEDOR, A. A. Valores de Energia Metabolizável Aparente da Farinha de Carne e Ossos para Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2292-2299, nov./dez. 2000. Suplemento, 2.

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, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998. p. 26-47.

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.

CAPITULO III

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DA EMAn DE CONCENTRADOS PROTÉICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE

RESUMO

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Equações de predição para estimar os valores de EMAn de concentrados protéicos para aves, utilizando a meta-análise.** 2007. 199p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Uma forma rápida de se determinar os valores energéticos dos alimentos é pelo uso de equações de predição. O presente trabalho foi realizado visando-se obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) dos alimentos protéicos usualmente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando o princípio da meta-análise, que é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica. Foi realizado uma minuciosa revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos citados (proteína bruta-PB; extrato etéreo-EE; matéria mineral-MM; fibra bruta-FB, fibra em detergente neutro-FDN e fibra em detergente ácido-FDA), buscando-se obter equações de predição para estimar a EMAn desses alimentos, utilizando a composição química dos mesmos. Foram considerados os efeitos sexo (código-cód. 1= macho; cód. 2= fêmea e cód. 3= mistos); idade (cód.1= 1^a e 2^a semana de vida; cód. 2= 3^a e 4^a sem.; cód. 3= 5^a e 6^a sem.; cód. 4= acima ou indefinido), e metodologia empregada no metabolismo (cód. 1= coleta total de excretas, cód. 2= alimentação forçada + coleta total de excretas). Foi realizado o fatorial entre os códigos dos efeitos (3x4x2), podendo totalizar até 24 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. Adotou-se o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis, incluindo as mesmas na equação em função de suas importâncias, e então utilizou-se o Proc Reg do sistema Statistical Analysis System (SAS), para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. A equação obtida que melhor se ajustou foi $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ ($R^2 = 0,81$), sendo o EE a variável mais importante em se tratando de possíveis variações nos teores energéticos dos alimentos protéicos.

¹Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Orientador). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Prediction equations to estimate the AMEn values of proteid concentrate feedstuffs for poultry utilizing the meta-analysis.** 2007. 199p. Thesis (Doctorate in Monogastric Nutrition). Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

A fast way to determine the energy values of feeds is by the use of prediction equations. The present work was accomplished aiming to obtain prediction equations to estimate the values of corrected apparent metabolizable energy (AMEn) of the proteid feedstuffs usually used in broiler rations, utilizing the meta-analysis principle, which is a statistical procedure which has been accepted gradually by the scientific community. A bibliographical review of the studies realized in Brazil was performed to catalogue informations about values of AMEn and chemical composition of the feedstuffs reported (CP-crude protein; EE-etherial extract; ash; CF-crude fiber; NDF-neutral detergent fiber; ADF-acid detergent fiber), for obtain the prediction equations for estimate the AMEn, using the chemical composition of them. The effects of sex (code-cod.1 = male; cod. 2 = female and cod. 3 = mixed); age (cod. 1 = 1st and 2nd week of life; cod. 2 = 3rd and 4th week; cod. 3 = 5th and 6th week; cod. 4 = above or indefinite) and the methodology employed in the metabolism assay (cod. 1 = total collection of excreta and cod. 2 = forced fed plus total collection of excreta) were considered. The factorial among the codes of the effects (3x4x2) was performed, its being able to amount up to 24 groups, which were submitted to the ponderate least squares analysis, performing the meta-analysis. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, including themselves in the equation as related with their importance, and then, the Proc Reg of the Statistical Analysis System (SAS) to fit the multiple linear regression model was utilized. The equation obtained which best fitted was $AMEn = 2707.71 + 58.63EE - 16.06NDF$ ($R^2 = 0.81$), being the EE most important variable as far as the possible variations in the energy contents of proteid feedstuffs are concerned.

¹Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Adviser). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição química e da precisão nos valores energéticos dos alimentos é de grande importância na formulação econômica de rações (Albino et al., 1987). A constante avaliação de ingredientes baseia-se na necessidade de se manter atualizado um banco de dados, o mais completo possível, para melhorar as estimativas das médias de energia metabolizável e dos nutrientes que estão suprindo as rações das aves (Brum et al., 2000).

A energia é o principal componente nutricional da ração, determinando o desempenho das aves, já que em sistema de criação onde se utiliza alimentação à vontade, o consumo alimentar é regulado pela densidade energética da ração e pela exigência das aves, tornando-se imprescindível o conhecimento acurado da energia dos alimentos para proporcionar o adequado balanceamento das dietas. No entanto, a efetividade do método de formulação de rações é dependente da precisão com que a energia dos alimentos é determinada (Silva et al., 2003).

Uma forma rápida de se determinar os valores energéticos dos alimentos é pelo uso de equações de predição, que são estabelecidas em função da composição química dos alimentos, normalmente de fácil e rápida obtenção, sendo, no entanto considerado o método indireto de determinação energética, uma vez que o método direto se dá pela realização dos ensaios biológicos (Lima, 1996).

Como a composição química dos alimentos varia em função de vários fatores, tais como: origem dos alimentos, variedade, processamento, ataque de pragas e doenças, etc., influenciando os valores energéticos dos alimentos (Lopes et al., 1990), existe a necessidade de combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições, para produzir conclusões mais fortes do que aquelas disponíveis em cada fonte de informação. Uma maneira interessante de se trabalhar com vários resultados obtidos, seria utilizar uma

metodologia que permita a combinação desses diferentes resultados e, assim, obter conclusões que, inicialmente, pareçam ser confiáveis e informativas. Portanto o procedimento estatístico utilizado para combinar resultados de estudos distintos, mas relacionados, é definido como meta-análise (Kirby, 1993).

Glass (1976), combinando estimativas obtidas em diferentes pesquisas nas áreas de educação e psicologia, define a meta-análise como o procedimento estatístico que consiste em uma revisão quantitativa e resumida de resultados de estudos distintos, mas relacionados, com o objetivo de comparar e combinar os resultados de diferentes trabalhos publicados, com o intuito de se obter uma conclusão geral sobre o tema em estudo.

A meta-análise está sendo utilizada em várias áreas como: Agronomia, Zootecnia, Biologia, Ecologia, Genética e Melhoramento, entre outras, só que no Brasil ainda tem sido pouco utilizada, mas de qualquer modo fica evidente que a meta-análise pode trazer grandes contribuições para a questão de combinar diferentes estudos do conhecimento humano (Giannotti, 2000).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável, em função da composição química do farelo de soja e subprodutos da soja, bem como de outros alimentos protéicos comumente utilizados na alimentação de frangos de corte, aplicando-se o princípio da meta-análise, para agrupar e ajustar os dados coletados de estudos distintos, com ensaios metabólicos para os alimentos em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise

As informações utilizadas neste trabalho referem-se a valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e de composição química dos alimentos protéicos usualmente utilizados na formulação das rações avícolas, sendo o farelo de soja considerado como o principal, já que é excelente fonte protéica, largamente empregada na alimentação animal.

Esses dados foram provenientes de uma ampla e minuciosa revisão bibliográfica de modo a incluir o máximo possível de informações sobre o tópico em questão. Foram pesquisados anais de congressos e simpósios, trabalhos não indexados, bibliotecas e base de dados catalogados nos periódicos CAPES, à exemplo do CAB Abstracts, dentre outros.

A revisão de literatura incluiu trabalhos publicados e realizados nos últimos 40 anos, com a finalidade de se obter o máximo de informações e minimizar os erros que pudessem influenciar na análise dos dados. Para catalogação das informações, elas receberam a denominação de completas e incompletas, em função da composição química dos alimentos.

As informações consideradas completas apresentavam as seguintes variáveis de composição química: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), e as incompletas àquelas que apresentavam somente PB, EE, MM e FB.

Para obtenção das equações de predição para estimar a EMAn do farelo de soja, foram catalogadas 59 informações, sendo 43 completas e 16 incompletas; enquanto que 118 dados foram catalogados para estimar a EMAn

para a soja mais seus subprodutos (Tabela 3A), sendo 67 e 51 de informações completas e incompletas respectivamente; e por fim, 199 informações foram catalogadas para obter a equação de predição para estimar a EMAn dos alimentos protéicos mais utilizados nas rações de aves (Tabela 4A), onde 96 informações foram completas e 103 incompletas (Tabela 20).

TABELA 20. Número de informações cadastradas no presente estudo, para realização da meta-análise, em função da composição química e valor energético dos alimentos.

FARELO DE SOJA			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações ¹	43	16	59
SOJA + SUB-PRODUTOS²			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações	67	51	118
PROTÉICOS³			
	Completas	Incompletas	Total
Nº Informações	96	103	199

¹Número de informações cadastradas no presente estudo.

²Soja e seus subprodutos, usualmente utilizados nas rações avícolas.

³Alimentos protéicos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações avícolas.

2.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise.

Todos os procedimentos realizados nesse tópico foram idênticos àqueles já abordados no Capítulo II, desde o tópico 2.2.1. (pág. 52) até o 2.2.4. (pág. 55), só que agora considerando os alimentos protéicos, ou seja, aqueles com menos de 18% de FB e mais de 20% de PB, com base na MS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de regressão múltipla, correlações e multicolinearidade entre as variáveis

3.1.1 Farelo de soja

Foram realizados os procedimentos estatísticos para obter a equação de predição para estimar os valores da EMAn para o farelo de soja. Inicialmente foi realizado o procedimento estatístico para as informações completas e subsequentemente para todas (completas mais incompletas), observando-se os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de determinação (R^2) para as equações de predição obtidas, em cada caso em particular.

Quando consideraram-se apenas as 43 informações completas (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida pelo procedimento de Stepwise, que teve o melhor ajuste para estimar o valor da EMAn do farelo de soja, apresentou coeficiente de determinação (R^2) de 20%. Na tabela 21, estão as equações obtidas utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 21. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn do farelo de soja, em função de suas composições químicas (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R^2
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+2871,04	---	---	---	---	-24,48	---	0,12
+2707,16	---	---	---	+48,25	-31,65	---	0,20

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%), MM= matéria mineral (%), FB= fibra bruta (%), FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Observa-se que a equação que melhor se ajustou para determinar o valor da EMAn do farelo de soja foi $EMAn = 2707,16 + 48,25FB - 31,65FDN$, com R^2 de 20%. Pode-se observar que as equações com mais de uma variável mostraram melhores ajustes, já que o R^2 da equação obtida melhorou com o aumento no número de variáveis independentes no modelo.

Esse ajuste com R^2 baixo, pode ser em função da baixa variabilidade registrada entre a EMAn dos farelos de soja, e por consequência, da baixa variação entre as variáveis da composição química. Na Tabela 22, são apresentados os coeficientes de variação (CV's) entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos alimentos testados.

TABELA 22. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos farelos de soja (valores expressos com base na matéria seca).

Farelo de soja (43 informações completas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	2147	2875	728	5,95
PB	46,36	54,83	8,47	4,04
EE	0,85	5,70	4,85	42,13
MM	5,50	7,53	2,03	6,86
FB	2,37	7,22	4,85	18,20
FDN	9,28	18,43	9,15	19,67
FDA	6,11	13,92	7,81	17,50

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

A grande variação existente entre solos e clima afeta a composição química dos alimentos e, conseqüentemente, sua energia, o mesmo ocorrendo com os subprodutos industriais, em função do processamento adotado (Albino et al., 1987), concordando com o presente trabalho. Houve variação na EMAn e na composição química dos alimentos catalogados, pois foram provenientes de lugares e épocas distintas.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e dos valores da EMAn dos farelos de soja, estão apresentadas na Tabela 23. Observa-se que apenas a variável FDN correlacionou-se supostamente de forma direta e negativamente (-0,338; P<0,05) com a EMAn, portanto se a FDN for elevada por algum motivo, o teor energético do farelo de soja diminui, assim como também o inverso é verdadeiro.

TABELA 23. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e EMAn dos farelos de soja.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	0,019	1,000					
EE	0,117	-0,770**	1,000				
MM	-0,067	0,093	-0,111	1,000			
FB	0,047	-0,363*	0,108	0,217	1,000		
FDN	-0,338*	-0,341*	0,020	0,348*	0,412**	1,000	
FDA	-0,047	-0,259	0,390**	0,288	0,213	0,450**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Dentre as variáveis analisadas, a FDA, a FB e a MM se correlacionam positiva e, provavelmente, de forma diretamente com a FDN, sendo essas correlações estatisticamente significativas ($P < 0,01$). Portanto em ordem de importância a FDA foi a variável que se destacou como sendo a mais influente (0,450), seguida da FB (0,412) e por fim da MM (0,348), revelando grau de associação entre elas. Portanto, se o teor de uma delas elevar-se, conseqüentemente, o teor de FDN também é elevado, fazendo com que o valor da EMAn do alimento seja reduzido, já que a correlação existente entre a FDN e a EMAn é direta e negativa. Afirma-se com esses resultados que a influência da FDA, da FB e da MM sobre a EMAn do alimento é supostamente indireta, atuando inicialmente sobre a FDN.

A PB tem correlação negativa com a FDN (-0,341; $P < 0,05$), sendo seu efeito sobre a FDN justamente o contrário do que foi observado para as outras variáveis (FDA, FB e MM), pois se os teores protéicos do alimento são elevados isso ocasiona a redução dos teores de FDN e, por conseqüência, aumentam os valores da EMAn do alimento em questão.

Segundo Smits & Annison (1996), a parede celular das fibras dos vegetais apresenta conteúdo de polissacarídeos não amídicos (PNA's) de forma variável, acarretando efeito negativo na habilidade das aves em digerir alguns nutrientes, particularmente do amido, da proteína e gordura, e conseqüentemente, diminuindo o valor energético dos alimentos (Philip et al., 1995), o que foi observado pelo comportamento das correlações apresentadas.

O nível protéico do alimento por sua vez, sofre ação direta e negativa do EE do alimento, já que correlação estatisticamente significativa observa-se entre essas duas variáveis (-0,770; $P < 0,01$). Da mesma forma observa-se entre a FB e a PB, onde a correlação negativa foi mais baixa, mas estatisticamente significativa (-0,363; $P < 0,05$), portanto não pode ser desconsiderada. Por serem

correlações negativas nessas duas situações, o desejado é que os teores tanto de EE como de FB sejam sempre baixos, pois isso resulta no aumento da PB que, por sua vez, reduz o teor de FDN e, conseqüentemente, aumenta os valores da EMAn desses alimentos em função das correlações explicadas.

A variável mais importante na alteração do valor da EMAn do farelo de soja e que atua de forma provavelmente de forma direta na EMAn foi a FDN e, ao considerar o modelo da equação ajustada : $EMAn = 2707,16 + 48,25FB - 31,65FDN$, permaneceu a FDN como sendo a variável mais importante no modelo, com R^2 parcial de 12,27%, seguido da FB (R^2 parcial = 6,76%).

Considerando as 59 informações (completas+incompletas) catalogadas para o farelo de soja (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida para estimar o valor da EMAn desses alimentos, apresentou R^2 de 10%, apesar de possuir uma quantidade maior de informações. Esse valor foi inferior ao observado anteriormente ($R^2= 20\%$) quando utilizou-se todas as variáveis de composição química dos alimentos (PB, EE, MM, FB, FDN e FDA), o que revela a importância da FDN na variabilidade energética do farelo de soja, já que essa variável fez parte da equação ajustada anteriormente.

Utilizando-se as 59 informações cadastradas, foram realizados os procedimentos estatísticos da meta-análise, e a partir daí ajustadas e obtidas as equações de predição para estimar os valores da EMAn dos farelos de soja (Tabela 24). Para obtenção da equação de predição utilizou-se a composição em PB, EE, MM e FB.

TABELA 24. Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn do farelo de soja, em função de sua composição química (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+2303,38	---	---	---	+46,59	0,10

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

A equação ajustada para determinar a EMAn do farelo de soja foi $EMAn = 2303,38 + 46,59FB$, com R² de 10%. Observa-se que, aumentando o número de informações catalogadas, o ajuste da equação de predição não foi satisfatório, já que os teores de FDN e FDA, não foram considerados no banco de dados, nessa etapa do trabalho.

Afirma-se que, realmente, os teores fibrosos do farelo de soja são muito importantes na variabilidade energética de tal alimento, o que de certa forma está de acordo com Bedford (1995), onde explicam que uma ampla variação na quantidade de fibra bruta dos alimentos pode levar à diferença nos valores energéticos dos mesmos.

Os teores fibrosos devem ser considerados em trabalhos que analisam valores nutricionais de alimentos nas rações das aves, sendo que, infelizmente, no decorrer das revisões observou-se deficiência nesse aspecto, já que boa parte dos trabalhos na literatura Científica Nacional desconsidera a determinação da FDN e FDA, que são importantes, de acordo com o comportamento das análises do presente trabalho.

Esse problema dificultou o levantamento bibliográfico para catalogação das informações, pois aquelas informações que não se enquadravam nos critérios de inclusão, não foram consideradas no presente estudo.

Mesmo com R^2 de 10%, observa-se que a variável FB foi importante para o ajustamento do modelo (R^2 parcial de 9,27%), com isso não pode-se desconsiderar tal variável quando se fala de valores da EMAn do farelo de soja. Analisando outro alimento protéico, Green & Kiener (1989) e Musharaf (1991), também observaram a importância da FB sobre os valores energéticos do farelo de girassol, onde constataram que nesse caso a percentagem de fibra bruta pode variar de 14 a 20,6%, em função da quantidade de casca presente no farelo, alterando com isso os valores energéticos do alimento.

O ajuste da equação no presente trabalho com R^2 baixo, pode ter sido em função da baixa variabilidade existente entre a EMAn dos farelos de soja registrados, e por consequência, da variação entre a composição química dos mesmos, o que pode ser comprovado também a partir da amplitude desses parâmetros.

Albino & Silva (1996), afirmam que as equações de predição podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos valores energéticos em função da composição química e física dos alimentos; conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada, quando a composição química dos alimentos tem ampla variabilidade, o que pode justificar os resultados encontrados. Já que, nas análises anteriores, alguns CV's registrados foram superiores aos observados nessa etapa das análises.

Na Tabela 25, são apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos farelos de soja, catalogados no trabalho.

TABELA 25. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos farelos de soja (valores expressos com base na matéria seca).

Farelo de soja (59 informações = completas + incompletas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	2147	2910	763	6,54
PB	46,36	54,83	8,47	3,59
EE	0,51	5,70	5,19	50,97
MM	5,50	11,44	5,94	11,95
FB	2,37	7,30	4,93	17,96

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Ao comparar os CV's entre o banco de dados anterior (43 informações completas) com o banco atual (59 informações completas + incompletas) cadastrado para os farelos de soja, observa-se que os valores de CV's expressos nessa etapa, foram inferiores àqueles apresentados anteriormente, apenas para PB, que tinha sido de 4,04% e agora foi de 3,59%, como também para a FB, que anteriormente foi de 18,20% e agora de 17,96%.

Não pode-se esquecer a evidente influência da FB sobre os valores da EMAn do farelo de soja e que, no entanto, foi uma das variáveis nessa etapa do trabalho que apresentou CV menor, quando comparado às análises anteriores.

Quando analisam-se as amplitudes anteriores com as presentes, observa-se que apenas a amplitude para PB permaneceu semelhante (8,47%), enquanto que para todas as demais variáveis (EMAn, EE, MM e FB), as amplitudes nessa etapa foram superiores às análises anteriores.

De acordo com vários autores, quanto maior a variabilidade entre os valores da EMAn e, por consequência, da composição química dos alimentos, melhor será o ajustamento das equações de predição utilizando esses valores. Portanto, considera-se que se tivesse ocorrido uma maior variação nessa etapa do trabalho para todas as variáveis analisadas, logicamente o coeficiente de determinação também poderia ter sido mais alto para a equação ajustada do farelo de soja.

O valor médio da EMAn das amostras de farelos de soja obtido no presente trabalho (2556 kcal/kg de MS) foi superior às médias encontradas por Soares et al (2004), onde foi de 2356 kcal/kg de MS, por Más et al. (2004), que por sua vez foi de 2365 kcal/kg de MS, por Rodrigues et al. (2002) que encontraram médias de 2405 e 2526 kcal/kg de MS, para pintos e galos respectivamente; como também foram superiores aos farelos de soja avaliados por Kato et al. (2006) que apresentaram valores médios de 2279 kcal/kg de MS, quando determinados com pintos na fase pré-inicial. Determinando a energia metabolizável do farelo de soja com galos adultos, Ost (2004) encontrou uma média de apenas 2412 kcal/kg de MS.

Muito inferior à média registrada no nosso trabalho, Nir (1998), encontrou o valor de apenas 1124 kcal/kg MS de EMAn, onde o mesmo atribuiu que parte deste menor valor encontrado para o farelo de soja pode ser devido à presença dos fatores antinutricionais, principalmente de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), que promovem o aumento da viscosidade da digesta, dificultando a ação de enzimas e, conseqüentemente, redução da digestão e absorção de nutrientes.

Já valores superiores aos registrados na presente pesquisa para a EMAn do farelo de soja foram observados por Rostagno et al. (2000), Rostagno et al. (2005), Zonta et al (2004) e Nascimento et al. (1998), que são de 2875, de 2610, de 2581 e de 2852 kcal de EMAn/kg de MS, respectivamente. Portanto essas

variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis segundo Dale (1999).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos farelos de soja, estão apresentadas na Tabela 26. Observa-se que não houve correlações estatisticamente significativas ($P > 0,05$), para a maioria das variáveis analisadas e a EMAn do farelo de soja; no entanto, a FB foi a única variável que influenciou provavelmente de forma direta, esses valores energéticos ($P < 0,05$).

TABELA 26. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos farelos de sojas.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	0,060	1,000			
EE	-0,192	-0,652**	1,000		
MM	0,170	0,122	-0,261*	1,000	
FB	0,269*	-0,287*	-0,234	0,238	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,05$).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,01$).

Esses resultados comprovam a importância que a FB exerce sobre os valores da EMAn do farelo de soja, já que foi a única variável nessa etapa das análises, que correlacionou-se positivamente (0,269; $P < 0,05$) com a EMAn do farelo de soja; logo, ao elevar-se o teor fibroso do alimento, ocorre também o aumento da EMAn do mesmo, o que pode parecer estranho, mas isso acontece

porque pelo comportamento dos dados, observa-se que também houve correlação significativa ($P < 0,05$) só que negativa (-0,287) entre a FB e a PB, onde aumentando a FB do alimento diminui a PB, ao mesmo tempo que a PB está correlacionada negativamente (-0,652; $P < 0,01$) com o EE, onde ao diminuir a PB, aumenta o EE e, conseqüentemente, aumenta a EMAn. Com isso, a correlação positiva da FB com a EMAn pode ser explicada devido a essas importantes correlações entre as variáveis da composição química.

De acordo com Brum et al. (2000), a variação na composição química dos alimentos está ligada a vários fatores que, por sua vez, irão alterar os valores energéticos dos alimentos, principalmente em função dos níveis de EE e FB nos ingredientes; onde quanto maior o EE e menor a FB, maior será a EMAn, podendo justificar em parte os resultados do presente trabalho.

Segundo Rizzo et al. (2006), o valor energético do farelo de soja depende do óleo residual, além do conteúdo fibroso e minerais existentes. A menor quantidade de fibra e minerais não significa apenas mais proteína e aminoácidos, mas também maiores conteúdos de energia disponível para animais monogástricos.

O teste de multicolinearidade entre as variáveis foi realizado de acordo com Montgomery & Peck (1981), tanto utilizando as 43 informações completas, como todas as 59 informações (completas+incompletas) para o farelo de soja, não sendo demonstrada significância estatística em nenhum dos casos. Portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

3.1.2 Soja mais subprodutos

Da forma que realizado os procedimentos estatísticos para obter a equação de predição para estimar os valores da EMAn só para o farelo de soja, agora consideraram-se as informações contendo os valores da soja mais subprodutos, realizando inicialmente o procedimento estatístico para as informações completas e, subseqüentemente, para todas as informações (completas e incompletas). A partir daí, observados os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o R² para as equações de predição ajustadas, em cada caso em particular.

Quando consideraram-se as 67 informações completas (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida, e que teve melhor ajuste para o valor da EMAn para os alimentos utilizados, apresentou R² de 81%. Na tabela 27, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 27. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn da soja mais subprodutos, em função da composição química desses alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+2538,57	---	+53,38	---	---	---	---	0,79
+2707,71	---	+58,63	---	---	-16,06	---	0,81

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%), MM= matéria mineral (%), FB= fibra bruta (%), FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

A equação que melhor se ajustou para determinar a EMAn da soja mais subprodutos foi $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$, tendo R^2 de 81%. Esse ajuste da equação com R^2 melhor que anteriormente, quando se analisou apenas o farelo de soja, justifica-se pela variabilidade existente entre a EMAn das sojas mais subprodutos e, por consequência, da variação na composição química desses alimentos, o que pode ser observado tanto pelos CV's como pela amplitude registrada para cada variável.

Analisados apenas os farelos de soja, os CV's foram menores que os calculados para a soja mais subprodutos, assim como também o R^2 da equação de predição ajustada foi maior quando houve uma maior variação nos valores da composição química e energética dos alimentos.

Ao considerar as informações completas dos farelos de soja, a equação ajustada apresentou R^2 de 20%, elevando-se para 81% quando o banco de dados considerado continha as informações completas da soja mais subprodutos.

Na Tabela 28, estão apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores da EMAn das sojas mais subprodutos. Vale salientar que todos os coeficientes e amplitudes demonstrados nessa tabela, apresentam valores superiores àqueles registrados para as informações completas somente dos farelos de soja.

TABELA 28. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis da composição química das sojas mais subprodutos (valores expressos com base na matéria seca).

Soja mais subprodutos (67 informações completas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	2147	4296	2149	21,14
PB	37,09	70,00	32,91	12,43
EE	0,48	26,21	25,73	116,94
MM	4,41	7,53	3,12	12,74
FB	0,11	9,27	9,16	40,33
FDN	4,30	31,64	27,34	34,43
FDA	1,42	28,85	27,43	43,84

¹Soja mais subprodutos, usualmente utilizados nas dietas avícolas.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

O conhecimento da composição química e conteúdo energético dos alimentos são de suma importância para os nutricionistas, uma vez que os ingredientes são incluídos ou rejeitados nas formulações de mínimo custo em função, principalmente, de seu conteúdo relativo de energia, sendo que a energia metabolizável (EM) é a melhor forma de se expressar a energia disponível para as aves (Lima, 1996).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn das sojas mais subprodutos, estão apresentadas na Tabela 29, onde das seis variáveis da composição química do alimento, cinco apresentam supostamente correlações diretas com a EMAn dos alimentos.

TABELA 29. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valor da EMAn das sojas mais subprodutos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	-0,756**	1,000					
EE	0,905**	-0,852**	1,000				
MM	-0,820**	0,670**	-0,802**	1,000			
FB	-0,263*	-0,115	-0,153	0,217	1,000		
FDN	0,298*	-0,441**	0,446**	-0,306*	0,227	1,000	
FDA	-0,105	-0,121	0,073	-0,004	0,535**	0,656**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Provavelmente direta e positivamente influenciam os valores da EMAn dos alimentos analisados, apenas duas variáveis da composição química, que são de acordo com a ordem de importância das correlações, o EE que apresentou alta correlação significativa (0,905; P<0,01), seguida da FDN (0,298; P<0,05). Logo, aumentando-se uma dessas duas variáveis, conseqüentemente, o valor energético do alimento também aumenta.

Efeitos também diretos, só que através de correlações negativas, a EMAn dos alimentos sofrerá através das seguintes variáveis da composição química: MM, PB e FB, tendo como correlações os valores de -0,820 (P<0,01), -0,756 (P<0,01) e -0,263 (P<0,05), respectivamente. Nesse caso o efeito, ao aumentar-se qualquer dessas três variáveis, será o prejuízo energético dos alimentos.

Nota-se que, indiretamente os valores da EMAn dos alimentos também são alterados de várias formas e sofrem a influência de todas as variáveis

analisadas da composição química, a exemplo da FDA que tendo seus teores aumentados nos alimentos, ocasiona aumento da FDN, que por sua vez, diretamente aumenta o valor de EMAn dos alimentos em questão.

Vale salientar que três variáveis da composição química se correlacionam com o EE dos alimentos que, por sua vez, atua supostamente de forma direta sobre a EMAn. Essas variáveis são: PB, MM e FDN; onde as duas primeiras se correlacionam com o EE negativamente e a última (FDN) se correlaciona positivamente, por isso que aumentando os teores de FDN dos alimentos também ocorre o aumento da EMAn, já que a FDN também aumenta os teores de EE, potencializando o aumento energético do alimento.

A MM, PB e FB ao serem aumentados nos alimentos provocam a redução da EMAn dos mesmos, porque à medida que elas se elevam ocorre como consequência, também a redução do EE; e como o EE está sendo a variável mais significativamente importante na variação da EMAn desses alimentos, onde a mesma apresenta correlação positiva, logo o valor energético do alimento também é reduzido.

As variáveis mais importantes na alteração do valor energético da soja mais subprodutos, e que atuam de forma direta na EMAn são o EE, FDN, MM, PB e FB. Ao considerar o modelo da equação ajustada: $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$, com R^2 de 81%, a variável apontada como a mais importante no modelo foi o EE (R^2 parcial = 0,7900), seguida da FDN (R^2 parcial = 0,0199). Portanto, 81 % da variabilidade nos valores de EMAn dos alimentos analisados é explicada por estas variáveis, principalmente pelo EE.

Os valores do presente estudo estão similares aos encontrados por Rodrigues et al. (2002), onde trabalhando com 8 alimentos à base de soja (farelos de soja e sojas integrais), observaram que entre as variáveis componentes das equações definidas, o EE também teve correlação alta (0,8855)

com a EMAn, seguida da FDN que, apesar de mais baixa (0,1788), também mostrou se correlacionar positivamente com as EMAn estimadas.

As equações determinadas por Rodrigues et al (2002) sendo compostas com quatro variáveis no modelo explicaram 94% ou mais da variação nos valores de EMAn dos alimentos à base de soja, no entanto, a equação composta por apenas duas variáveis, EE e FB ($EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE$), explicou 93% das variações, mostrando que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos (EMAn).

Bons ajustes com combinação de duas variáveis também foram destacados por Azevedo (1996), Dolz & De Blas (1992) e Nunes (1999). Por outro lado, Janssen (1989) descreveu equações com a PB, EE e extratos não nitrogenados para predizer a EMAn do farelo de soja.

Zonta et al. (2004), observaram que equações com duas e quatro variáveis, consideradas no modelo de predição, apresentaram os valores da EMAn calculados mais correlacionados com o valor médio determinado do farelo de soja, confirmando as colocações de Rodrigues et al. (2002).

Portanto, conclui-se que a equação $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$ pode ser utilizada para determinar a EMAn desse grupo de alimentos (soja mais subprodutos), pois de acordo com Vieites et al. (2000), para a elaboração de equações de predição, é conveniente a utilização de poucas variáveis, e que, pelo menos uma esteja altamente correlacionada com a energia metabolizável, o que foi observado nas presentes análises.

Modelos que englobam grande número de variáveis podem se tornar complexos, já que algumas características como por exemplo a densidade e o Diâmetro geométrico médio (DGM), por não estarem facilmente disponíveis, muitas vezes podem inviabilizar o uso das equações. Assim, aquelas equações com componentes obtidos facilmente pela análise proximal dos alimentos são

mais aplicáveis, visto que é uma análise de rotina em laboratórios (Rodrigues et al., 2002).

Considerando as 118 informações (completas e incompletas), catalogadas para a soja mais subprodutos (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida, apresentou o melhor ajuste para estimar o valor da EMAn desses alimentos, com R² de 63%, mesmo ao analisar uma quantidade maior de informações. Na tabela 30, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição química dos alimentos em PB, EE, MM e FB.

TABELA 30. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn da soja mais subprodutos, em função da composição química desses alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+2645,35	---	+47,57	---	---	0,60
+2154,91	---	+53,24	+75,02	---	0,61
+1265,06	+14,53	+63,24	+91,09	---	0,62
+844,57	+21,76	+67,17	+61,73	+39,22	0,63

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

A equação que melhor se ajustou para estimar a EMAn da soja mais subprodutos foi $EMAn = 844,57 + 21,76PB + 67,17EE + 61,73MM + 39,22FB$, com R² de 63%. Quando se considera o conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo ainda foi o EE

(R^2 parcial = 0,5928), seguida da MM (R^2 parcial = 0,0170), da FB (R^2 parcial = 0,0089), e por fim da PB (R^2 parcial = 0,0078).

Quando consideraram-se apenas as 67 informações completas da soja mais subprodutos, a equação ajustada apresentou R^2 de 81%, reduzindo para 63% quando o banco de dados considerado continha as 118 informações cadastradas (completas+incompletas) para esses mesmos alimentos. Mesmo aumentando o número de informações catalogadas, o ajuste da equação de predição não foi satisfatório, pelo contrário, reduziu.

Observa-se que o aumento do número de dados não é tão importante para obter uma equação para estimar os valores de EMAn desses alimentos protéicos, mas sim as variáveis que irão compor tal equação é que devem ser consideradas importantes. Ao considerar os dados que continham todas as variáveis da composição química dos alimentos analisados (PB, EE, MM, FB, FDN e FDA), apenas as variáveis EE e FDN participaram da equação ajustada, tendo R^2 de 81%, já quando consideraram-se os dados com apenas quatro variáveis (PB, EE, MM e FB), todas participaram da equação só que apresentando R^2 mais baixo (63%).

Na Tabela 31, estão apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores da EMAn dos alimentos em questão.

TABELA 31. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Soja mais subprodutos (118 informações = completas+incompletas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	2147	4296	2149	19,80
PB	37,09	70,00	32,91	14,08
EE	0,41	26,21	25,80	113,82
MM	3,39	11,44	8,05	17,37
FB	0,11	9,27	9,16	35,40

¹Soja mais subprodutos, usualmente utilizados nas dietas avícolas.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Juntamente com as variáveis que compõem a equação ajustada para estimar os valores de EMAn alimentos protéicos, pode-se considerar os CV's e as amplitudes, muito importantes, já que aumentando os mesmos percebe-se equações com melhores R²'s, e o inverso também é verdadeiro. Observa-se nessa fase do trabalho que a EMAn apresenta CV de 19,80%, e as variáveis EE e FB apresentam de 113,82% e 35,40%, respectivamente, sendo portanto, valores inferiores àqueles registrados anteriormente para as informações completas, que foram de 21,14%, 116,94% e 40,33%, respectivamente para EMAn, EE e FB. Assim, justifica-se a redução de 81% para 63% nas equações ajustadas nessa etapa.

Avaliando a composição química e os valores de EMAn determinados de vários alimentos protéicos, Silva (1978) obteve equações de predição,

concluindo que estas são melhores ajustadas quando os valores de FB, EE e MM são incluídos na estimativa.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn da soja mais subprodutos, estão apresentadas na Tabela 32. Observa-se que houve correlações estatisticamente significativas ($P < 0,01$), entre algumas variáveis analisadas e a EMAn dos alimentos.

TABELA 32. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valor de EMAn da soja mais subprodutos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	-0,575**	1,000			
EE	0,781**	-0,805**	1,000		
MM	-0,518**	0,286**	-0,609**	1,000	
FB	-0,133	-0,204**	-0,156	0,371**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,01$).

Correlações negativas e significativas ($P < 0,01$) que atuam, provavelmente, de forma direta sobre os valores de EMAn dos alimentos foram constatadas para a PB (-0,575) e MM (-0,518); já o EE tem influência maior na EMAn dos alimentos, só que de forma positiva (0,781; $P < 0,01$).

Os teores de PB e MM apresentam correlações negativas com a EMAn dos alimentos de forma considerável, justificando-se porque também apresentam correlações negativas com o EE dos alimentos, onde, ao elevarem-se os teores de qualquer uma das duas variáveis (PB ou MM), conseqüentemente o EE do

alimento também reduz, provocando com isso a redução do valor da EMAn dos alimentos.

Para os alimentos analisados nessa fase, o EE tem importância fundamental nos valores de EMAn dos mesmos, pois das outras três variáveis da composição química dos alimentos (PB, MM e FB) o EE correlaciona-se com duas (PB e MM), além de atuar supostamente de forma direta sobre a EMAn dos alimentos analisados.

Zonta et al. (2004) ao analisarem 8 alimentos à base de soja (farelos de soja e sojas integrais) e validarem equações de predição para determinação dos valores energéticos de ingredientes protéicos, propostas por alguns pesquisadores, observaram que a EMAn dos farelos de soja foram melhor estimados pela equação $EMAn = 37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$ (Janssen, 1989). Porém a utilização das equações $EMAn = -822,33 + 69,54PB - 45,46FDA + 90,81EE$ (Rodrigues et al., 2002) e $EMAn = 2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$ (Rodrigues et al., 2002) para predizer a EMAn do farelos de soja também são viáveis.

Nota-se a importância do EE na variação energética dos farelos de soja, já que essa variável apresentou-se nas melhores equações testadas por Zonta et al. (2004), concretizando assim os resultados no presente trabalho.

Como para o farelo de soja, foi realizado o teste de multicolinearidade, também para a soja mais subprodutos, de acordo com Montgomery & Peck (1981), tanto utilizando as 67 informações completas, como as 118 informações completas mais incompletas, onde também não foi observado significância estatística em nenhum dos casos; portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

3.1.3 Alimentos protéicos

Foram geradas equações de predição para estimar os valores de EMAn para os alimentos protéicos usualmente utilizados nas rações das aves, realizando, inicialmente, o procedimento estatístico para as informações completas e subseqüentemente para todos as informações (completas mais incompletas), e a partir daí observado os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o R² para as equações de predições ajustadas, em cada caso em particular.

Ao considerar as 96 informações completas (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida que teve melhor ajuste para estimar o valor da EMAn para os alimentos protéicos, apresentou R² de 77 %. Na tabela 33, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição química em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 33. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn dos alimentos protéicos, em função da composição química desses alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	FDN ¹	FDA ¹	
+2532,66	---	+56,21	---	---	---	---	0,55
+1047,45	+27,25	+75,60	---	---	---	---	0,71
+1412,26	+28,74	+72,07	-71,90	---	---	---	0,77

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%), MM= matéria mineral (%), FB= fibra bruta (%), FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

A equação que melhor se ajustou para determinar a EMAn dos alimentos protéicos foi $EMAn = 1412,26 + 28,74PB + 72,07EE - 71,90MM$, com R^2 de 77%, cabendo análises futuras de validações dessa equação para saber da confiabilidade estatística e recomendação de uso dessa equação.

Ao estudarem a farinha de carne e ossos nas dietas avícolas, mesmo não sendo um alimento protéico usualmente utilizado para as aves, Dolz & de Blas (1992), avaliaram as variáveis PB e MM, obtendo o R^2 de 0,96 para predizer os valores da EMAn para esses alimentos.

Azevedo (1996) ao estudar o mesmo alimento, obteve baixos valores, ao combinar MM com outra variável, o que pode justificar o R^2 baixo (77%) para a equação ajustada no presente trabalho, mesmo que a equação gerada não tenha sido resultado de dados incluindo a farinha de carne e ossos, mas de qualquer modo, trata-se de uma equação proveniente de dados protéicos. Já o NRC (1994), afirmou que, em se tratando da farinha de carne e ossos, a variável MM é importante e deve ser incluída na equação de predição.

Os R^2 's das equações ajustadas, calculados nas três situações específicas no presente trabalho (informações apenas com farelo de soja, com soja mais subprodutos e com alimentos protéicos), foram aumentando proporcionalmente ao aumento da variabilidade existente entre as EMAn's dos alimentos, e por conseqüência, da variação entre as variáveis da composição química dos mesmos. Portanto, observa-se que quanto maior a variabilidade entre esses valores, maior precisão terá a equação ajustada para determinar os valores de EMAn dos alimentos protéicos, através do princípio da meta-análise.

Essa observação está em acordo com Albino & Silva (1996), onde afirmam que a utilização de equações de predição obtidas utilizando variáveis da composição química dos alimentos é mais apropriada, quando a mesma tiver ampla variabilidade.

Considerando as 43 informações completas do farelo de soja no presente trabalho, a equação ajustada apresentou R^2 de 20%, elevando-se para 81% quando o banco de dados considerado continha as 67 informações completas da soja mais subprodutos. No entanto quando analisadas as 96 informações completas dos alimentos protéicos, o R^2 reduziu para 77%.

Observa-se que aumentando o número de informações e mantendo o CV das variáveis e da EMAn idênticos, aproximados ou mais baixos do que aqueles observados com menos dados, isso por si só não adianta, pois reduz os coeficientes de determinação das equações ajustadas, como foi observado.

Para que ocorra uma melhora considerável do R^2 da equação que irá estimar os valores da EMAn dos alimentos protéicos, são necessárias duas medidas, que são: aumentar o número de informações para serem analisadas e utilizar dados com alimentos que apresentem bastante variação na EMAn e por conseqüência na composição química.

Na Tabela 34, estão apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores de EMAn dos alimentos. Vale salientar que todos os coeficientes demonstrados nessa Tabela, apresentam valores superiores àqueles registrados para as informações completas somente com os farelos de sojas, como também para soja mais subprodutos, só que nessa segunda comparação, os CV's ficaram bem próximos em alguns casos.

TABELA 34. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis de composição química dos alimentos protéicos (valores expressos com base na matéria seca).

Alimentos protéicos (96 informações completas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	1711	4998	3287	25,24
PB	20,74	71,44	50,70	23,10
EE	0,48	26,21	25,73	120,43
MM	1,24	7,53	6,29	25,22
FB	0,02	15,65	15,63	62,52
FDN	3,22	59,29	56,07	68,59
FDA	1,42	36,90	35,48	66,05

¹Alimentos protéicos usualmente utilizados nas rações avícolas.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

As amplitudes demonstradas na Tabela 34, apresentam valores superiores àqueles registrados para as informações completas com os farelos de sojas, como também para os dados completos da soja mais subprodutos; só que, nessa segunda comparação, a amplitude foi semelhante apenas para o EE.

Como houve variação nas informações cadastradas no presente estudo, Vieites et al. (2000), explicam que, para alimentos que apresentam variação considerável na composição química e energética, é recomendado a determinação da EMAn, mediante o uso de equações de predição, pois além de ser uma importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de

formulação de rações, o valor energético do alimento será corrigido pela sua composição química.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos protéicos catalogados, estão apresentadas na Tabela 35, onde das seis variáveis de composição química, três se correlacionam diretamente com a EMAn dos mesmos, sendo uma correlação alta e positiva entre o EE e a EMAn (0,733), enquanto duas correlações são negativas na seguinte ordem de importância: MM (-0,715) e FB (-0,370), onde as duas últimas acarretam prejuízos nos valores da EMAn alimentos à medida que seus teores se elevam na composição alimentar.

TABELA 35. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valor de EMAn dos alimentos protéicos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	0,080	1,000					
EE	0,733**	-0,396**	1,000				
MM	-0,715**	-0,199	-0,325**	1,000			
FB	-0,370**	-0,517**	-0,091	0,417**	1,000		
FDN	-0,194	-0,732**	0,115	0,174	0,732**	1,000	
FDA	-0,111	-0,345**	0,032	-0,015	0,454**	0,683**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Observa-se que, aumentando o EE dos alimentos, paralelamente os valores energéticos também são elevados, como também os teores de EE também aumentam à medida que os níveis de MM do alimento reduzem, o que explica a correlação negativa entre a MM e a EMAn dos alimentos analisados, pois diminuindo a MM do alimento a EMAn aumenta, uma vez que o EE também aumenta, já que entre a MM e o EE pode-se constatar correlação negativa (-0,325), ao mesmo tempo em que o EE correlaciona-se com a EMAn dos alimentos positivamente.

Mesmo a PB dos alimentos não apresentando correlações diretas com a EMAn dos alimentos protéicos analisados, pode-se observar a importância dessa PB influenciando supostamente de forma direta a FDN, a FB, o EE, como também a FDA dos alimentos. Nestes casos, as correlações negativas, dadas por -0,732; -0,517; -0,396 e -0,345, respectivamente, foram todas significativas ($P < 0,01$). Com isso ocorre prejuízo nos valores de EMAn dos alimentos, uma vez que tanto o EE como a FB provavelmente atuam diretamente sobre a EMAn.

Como não poderia deixar de ser, os teores de FDN e FDA estão altamente correlacionados com a FB dos alimentos, onde à medida que esses dois (FDN e FDA) são elevados, aumentam também a FB, ocasionando o efeito potencializado, já que a FB também está correlacionada positivamente com a MM, o que será refletido com a diminuição do EE e, conseqüentemente, dos valores da EMAn dos alimentos. Portanto, o EE por sofrer tantas influências, justifica-se como sendo a variável da composição química mais importante no modelo de regressão linear múltipla ajustada.

As variáveis mais importantes na alteração do valor energético dos alimentos, que atuam, provavelmente, de forma direta na EMAn destes, são o EE, MM e FB, onde ao considerar a equação ajustada $EMAn = 1412,26 + 28,74PB + 72,07EE - 71,90MM$ ($R^2 = 77\%$), e os R^2 's parciais, observa-se que a

variável apontada como a mais importante no modelo continua sendo o EE (R^2 parcial = 0,5542), seguido da PB (R^2 parcial = 0,1521) e por fim, da MM (R^2 parcial = 0,0619).

Está evidente a importância do EE na variação da EMAn dos alimentos protéicos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações avícolas, concordando com Rodrigues et al. (2002), onde as equações ajustadas com duas a quatro variáveis fizeram boas predições dos valores energéticos dos alimentos do grupo da soja, com valores de R^2 superiores a 92%, onde as equações com as variáveis FB e EE podem ser utilizadas tranquilamente para estimar os valores energéticos destes alimentos, à exemplo da equação: $EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE$, que, por sua vez, explica 93% da variação nos valores energéticos desses alimentos através dessas duas variáveis.

Considerando as 199 informações (completas+incompletas), catalogadas para os alimentos protéicos (visto na Tabela 20), a equação de predição obtida para estimar a EMAn desses alimentos, apesar de uma quantidade maior de dados, quando comparado com as 96 informações analisados anteriormente para os mesmos alimentos, apresentou o melhor ajuste para a equação obtida, com R^2 de 71%, valor inferior àquele determinado para as equações ajustadas anteriormente, que tinha sido R^2 de 77%.

Na Tabela 36, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição química em PB, EE, MM e FB.

TABELA 36. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn dos alimentos protéicos, em função da composição química dos mesmos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+2480,45	---	+56,74	---	---	0,36
+487,70	+40,03	+77,14	---	---	0,64
+1678,08	+32,25	+65,66	-134,21	---	0,70
+1913,54	+28,63	+62,76	-126,23	-14,21	0,71

¹PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

Nessas 199 informações foram desconsideradas as variáveis FDN e FDA para as análises de regressão múltipla, logo foi observado nas análises anteriores que as mesmas não são importantes na composição química dos alimentos protéicos, pois não influenciam no valor de EMAn dos mesmos consideravelmente, já que não fizeram parte da equação ajustada anteriormente para as 96 informações completas.

Reforça-se a tese de que para melhorar consideravelmente o R² da equação que irá determinar os valores de EMAn dos alimentos protéicos, é necessário, além de aumentar o número de informações para serem analisados, utilizar informações com alimentos que apresentem razoável variação na EMAn, e por consequência, na composição química.

O que justifica a redução do R² de 77% para 71%, para as 96 informações completas e 199 informações (completas + incompletas) respectivamente, pois dos cinco CV's analisados nessa última situação, quatro

deles estavam ou idênticos ou bem próximos àqueles apresentados nas análises anteriores. Com isso aumentando o número de dados e mantendo aproximado a variação das variáveis e EMAn, o R² da equação ajustada reduziu.

A equação que melhor se ajustou para determinar a EMAn dos alimentos protéicos, nessa etapa do trabalho, foi $EMAn = 1913,54 + 28,63PB + 62,76EE - 126,23MM - 14,21FB$, com R² de 71%. Considerando o conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo continua sendo o EE (R² parcial = 0,3585) como visto nas análises anteriores, seguida da PB (R² parcial = 0,2854), da MM (R² parcial = 0,0601) e por fim da FB (R² parcial = 0,0044).

Dados apresentados por alguns trabalhos (FEDNA, 1999; Mantovani et al., 1999) mostram que a EMAn do farelo de girassol pode variar de 1574 à 2203 Kcal EM/Kg de MS, sendo o teor de fibra o principal responsável por essa variação. Já Nascimento et al. (1998), afirmam que o tipo de processamento pode afetar a composição química dos alimentos protéicos, principalmente nos níveis de EE e FB, o que poderá afetar os valores energéticos dos alimentos, pois ficou evidente nas análises do presente trabalho, a importância dessas variáveis, principalmente do EE, quando se fala da EMAn dos alimentos protéicos.

Na Tabela 37, estão apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores de EMAn dos alimentos protéicos estudados nessa etapa.

TABELA 37. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis da composição química dos alimentos protéicos (valores expressos com base na matéria seca).

Protéicos (199 informações = completas+incompletas)¹				
Variáveis²	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	1370	4998	3628	26,60
PB	20,74	71,44	50,70	23,64
EE	0,18	26,21	26,03	120,10
MM	0,72	11,44	10,72	27,29
FB	0,02	27,63	27,61	70,27

¹Alimentos protéicos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações de aves.

²EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Comparando esses dados de CV's àqueles registrados para as 96 informações analisadas anteriormente, dos cinco coeficientes nessa última situação, quatro deles (EMAn: 26,60%; PB: 23,64%; EE: 120,10% e MM: 27,29%) estão bem próximos daqueles apresentados para as informações anteriores (EMAn: 25,24%; PB: 23,10%; EE: 120,43% e MM: 25,22%). Por isso, aumentando o número de dados e mantendo aproximada a variação da EMAn e das variáveis da composição química, o R² da equação ajustada reduz, sendo necessário analisar alimentos protéicos com amplas diferenças nas suas EMAn's, e por consequência, nas suas composições químicas, para que a equação ajustada apresente R² satisfatório.

Levando em consideração as amplitudes registradas nessa etapa (EMAn: 3628 Kcal EM/Kg; PB: 50,70%; EE: 26,03%; MM: 10,72% e FB: 27,61%), com exceção da PB, estas são superiores àquelas apresentadas para as 96 informações

(EMAn: 3287 Kcal EM/Kg; PB: 50,70%; EE: 25,73%; MM: 6,29% e FB: 15,63%). Assim, constata-se que para um ajuste adequado da equação de predição para os alimentos protéicos é necessária uma amplitude maior principalmente para os valores protéicos desses alimentos.

A variação na composição química e energética de um mesmo ingrediente, através dos anos é evidenciada por estudos como os de Albino et al. (1982), Albino & Fialho (1984), Albino et al. (1994), Coelho et al. (1983), Lanna et al. (1979) e Rutz (1983). Portanto a energia é o principal componente nutricional da ração, e mesmo apresentando variações em função de vários fatores, torna-se imprescindível o conhecimento acurado da energia dos alimentos para proporcionar o adequado balanceamento das dietas (Silva et al., 2003).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos, estão apresentadas na Tabela 38. Observa-se que houve correlações significativas estatisticamente ($P < 0,01$), entre todas as variáveis analisadas e a EMAn dos alimentos, onde duas apresentaram correlações positivas e as outras duas negativas.

TABELA 38. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores de EMAn dos alimentos protéicos.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	0,284**	1,000			
EE	0,598**	-0,362**	1,000		
MM	-0,595**	-0,269**	-0,283**	1,000	
FB	-0,526**	-0,507**	-0,180*	0,445**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,05$).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t ($P < 0,01$).

O EE dos alimentos mostrou-se muito importante na variação dos valores de EMAn dos alimentos estudados, já que tem efeito provavelmente direto e positivo sobre a EMAn (0,598). Da mesma forma a PB também apresenta correlação positiva com a EMAn, só que de forma mais discreta (0,284). Portanto para alimentos protéicos, o EE é a variável mais importante em se tratando de possíveis variações nos teores energéticos (EMAn) de tais alimentos.

Tal importância para a variável EE se dá quando observa-se que, além de atuar diretamente sobre a EMAn dos alimentos protéicos, o EE também sofre alterações, via todas as outras variáveis (PB, MM e FB) que estão atuando supostamente de forma direta sobre o mesmo valor de EMAn. Portanto o EE tem seu efeito potencializado sobre a EMAn, caso quaisquer dessas três variáveis sejam alteradas, em função das correlações negativas apresentadas entre a PB, MM, FB e o EE, que são -0,362; -0,283 e -0,180, respectivamente.

Quando considera-se a equação ajustada: $EMAn = 1913,54 + 28,63PB + 62,76EE - 126,23MM - 14,21FB$ com R^2 de 71%, a variável apontada como a mais importante foi o EE (R^2 parcial = 0,3585), seguida da PB (R^2 parcial = 0,2854), da MM (R^2 parcial = 0,0601) e por fim da FB (R^2 parcial = 0,0044). No entanto, conclui-se que realmente o teor de EE dos alimentos é importante na variabilidade da EMAn dos alimentos protéicos.

Lodhi et al. (1976) conduziram uma série de cinco ensaios de metabolismo para determinar a digestibilidade do nitrogênio e o conteúdo de energia metabolizável de vários alimentos ricos em proteína para aves e, observaram que a quantidade de proteína, sua digestibilidade e o conteúdo de FB foram os fatores primários na predição da energia metabolizável dos alimentos, o que de certa forma concorda com os resultados do presente trabalho, já que

essas variáveis PB e FB também são consideradas importantes para estimar os valores da EMAn dos alimentos protéicos.

Foi realizado o teste de multicolinearidade entre as variáveis da composição química dos alimentos, da mesma forma que realizado com as informações anteriores (somente farelo de soja e soja mais subprodutos), de acordo com Montgomery & Peck (1981). Foi realizado o teste utilizando tanto as 96 informações completas, como as 199 informações completas e incompletas, e não foi observada significância estatística em nenhum dos casos. Portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

4 CONCLUSÕES

Os coeficientes de determinação das equações de predição ajustadas, para estimar os valores de EMAn dos alimentos protéicos, foram aumentando proporcionalmente ao aumento da variação existente entre a EMAn dos alimentos, e por conseqüência, dos valores da composição química dos mesmos, utilizando o princípio da meta-análise.

A equação que melhor se ajustou para estimar a EMAn dos alimentos protéicos foi $EMAn = 2707,71 + 58,63EE - 16,06FDN$, com R^2 de 81%, sendo o EE considerada a principal variável responsável para explicar a variabilidade da EMAn dos alimentos estudados.

Ocorre melhora considerável do R^2 da equação de predição que irá estimar os valores de EMAn dos alimentos protéicos, à medida que se aumenta o número de informações para serem analisadas e quando se utiliza alimentos que apresentem uma considerável variação na EMAn, e na composição química.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T.; COELHO, M. G. R.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R. Valores energéticos e de triptofano de alguns alimentos determinados, em aves jovens e adultas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 11/12, p. 1301-1306, nov./dez. 1987.

ALBINO, L. F. T.; BRUM, P. A. R. de; FIALHO, F. B.; PAIVA, G. J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excreta na determinação da energia bruta em ensaio de energia metabolizável. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 467-473, mar. 1994.

ALBINO, L. F. T.; FERREIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; CESAR, S. S. Determinação dos valores de energia metabolizável e matéria seca aparentemente metabolizável de alguns alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 11, n. 2, p. 207-221, mar./abr. 1982.

ALBINO, L. F. T.; FIALHO, E. T. Avaliação química e biológica de alguns alimentos usados em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 13, n. 3, p. 291-300, maio/jun. 1984.

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A.; Brum, P. A. R. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.

AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 145-155, June 1995.

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.

COELHO, M. G. R.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; SILVA, D. J. da. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos, determinados com pintos e galos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AVICULTURA, 8., 1983, Camboriú. **Anais**. Camboriú: ACA/UBA, 1983. p. 79-95.

DALE, N. Ingredient analysis table: 1999 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 24-31, July, 1999.

DOLZ, S.; 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.

FEDNA – Federación Española para el desarrollo de la Nutrición Animal. Normas FEDNA para la formulación de piensos compuestos. Madri: Peninsular. 496p. 1999.

GIANNOTTI, J. D. G. **Meta-análise de estimativas da correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research. **Educational Researcher**, Washington, v. 6, n. 1, p. 3-8, Jan. 1976.

GREEN, S.; KIENER, T. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soya-bean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pigs and poultry. **Animal Production**, East Lothian, v. 48, n. 1, p. 157-179, Feb. 1989.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

KATO, R. K.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, É. J.; BRITO, J. A. G.; FUKAYAMA, E. H.; GERALDO, A. Valores energéticos de alguns ingredientes para frangos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa/PB: SBZ, 2006.

KIRBY, K. N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 475 p.

LANNA, P. A. S.; ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J. da; FONSECA, J. B.; FRANQUEIRA, J. M. Tabela de composição de alimentos concentrados. I. Valores de composição química e de energia metabolizável determinados com pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 3, p. 516-523, maio/jun. 1979.

LIMA, I. L. Níveis nutricionais utilizados nas rações pela indústria avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, 1996. p. 389-402.

LODHI, G. N.; SINGH, D.; ICHHPONANI, J. S. Variation in nutrient content of feedingstuffs rich in protein and reassessment of the chemical method for metabolizable energy estimation for poultry. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 86, n. 2, p. 293-303, Apr. 1976

LOPES, D. C.; DONZELLE, J. L.; ALVARENGA, J. C. et al. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 181-185, maio/jun. 1990.

MANTOVANI, C.; FURLAN, A. C.; MURAKAMI, A. E.; MOREIRA, I.; SCAPINELLO, C. Composição química e valor energético do farelo e da semente de girassol para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre/RS: SBZ, 1999.

MÁS, H. A. R.; SILVA, J. M. A.; BERTECHINI, A. G.; SOARES, K. R.; SILVA, V. K. Valores energéticos de alimentos protéicos de origem vegetal para pintos de corte na fase pré-inicial. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESAL/UFLA, 17., 2004, Lavras. **Anais...** Lavras/MG: UFLA, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504 p.

MUSHARAF, N. A. Effect of graded levels of sunflower seed meal in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 1/2, p. 129-137, Apr. 1991.

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

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, 1998. p. 81-91.

NRC - NUTRIENT REQUIREMENTS OF POULTRY. 8. ed. Washington: National Academy Press, 1994. 155p.

NUNES, R. V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis da grão de trigo e seus subprodutos para aves**. 1999. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, MG.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição**. 2004. 181 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PHILIP, J. S.; GILBERT, H. J.; SWITHARD, R. R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 36, n. 4, p. 599-605, Sept. 1995.

RIZZO, E. A.; PIOVESAN, V.; SOUZA, L.; RIEGER, C.; PEIXOTO, E. C. T. M.; OLIVEIRA, V. Características químicas e nutricionais de diferentes amostras de farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA., 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa/PB: SBZ, 2006.

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, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

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.

RUTZ, F. **Utilização do farelo de colza e outros alimentos na ração de pintos até quatro semanas de idade.** 1983. 60 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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. (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SILVA, J. H. V.; SILVA, M. B.; SILVA, E. L.; JORDÃO FILHO, J.; RIBEIRO, M. L. G.; COSTA, F. G. P.; DUTRA JÚNIOR, W. M. Energia Metabolizável de Ingredientes Determinada com Codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1912-1918, nov./dez. 2003. Suplemento, 2.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiological valid approach to their determination. **World Poultry Science Journal**, Madison, v. 52, n. 2, p. 203-221, June 1996.

VIEITES, F. M.; ALBINO, L. F. T.; SOARES, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; MOURA, C. O.; TEJEDOR, A. A. Valores de Energia Metabolizável Aparente da Farinha de Carne e Ossos para Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2292-2299, nov./dez. 2000. Suplemento, 2.

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.

CAPITULO IV

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ESTIMAR OS VALORES DA EMAn DE ALIMENTOS CONCENTRADOS ENERGÉTICOS E PROTÉICOS PARA AVES, UTILIZANDO A META-ANÁLISE

RESUMO

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Equações de predição para estimar os valores de EMAn de alimentos concentrados energéticos e protéicos para aves, utilizando a meta-análise.** 2007. 199p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG¹.

Equações de predição geradas a partir de análises químicas simples dos alimentos pode auxiliar o nutricionista na elaboração de rações de custo mínimo, para o máximo desempenho animal. O presente trabalho foi realizado visando-se obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alimentos concentrados (energéticos e protéicos) de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações de frangos de corte, utilizando o princípio da meta-análise, que é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica. Foi realizado uma minuciosa revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos citados (proteína bruta-PB; extrato etéreo-EE; matéria mineral-MM; fibra bruta-FB, fibra em detergente neutro-FDN e fibra em detergente ácido-FDA), buscando-se obter equações de predição para estimar a EMAn desses alimentos, utilizando a composição química dos mesmos. Foram considerados os efeitos sexo (código-cód. 1= macho; cód. 2= fêmea e cód. 3= mistos); idade (cód.1= 1ª e 2ª semana de vida; cód. 2= 3ª e 4ª sem.; cód. 3= 5ª e 6ª sem.; cód. 4= acima ou indefinido), e metodologia empregada no metabolismo (cód. 1= coleta total de excretas, cód. 2= alimentação forçada + coleta total de excretas). Foi realizado o fatorial entre os códigos dos efeitos (3x4x2), podendo totalizar até 24 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. Adotou-se o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis, incluindo as mesmas na equação em função de suas importâncias, e então utilizou-se o Proc Reg do sistema Statistical Analysis System (SAS), para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. Duas equações se ajustaram melhor para estimar a EMAn dos alimentos concentrados, sendo: $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$ ($R^2 = 0,84$) e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$ ($R^2 = 0,83$). Observou-se que as variáveis FDN e FDA são importantes e que não podem ser desconsideradas, pois sua retirada do modelo proporcionou redução do coeficiente de determinação de 84% e 83% para 70%.

¹Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Orientador). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

ABSTRACT

NASCIMENTO, Germano Augusto Jerônimo do. **Prediction equations to estimate the AMEn values of energetic and proteid concentrate feedstuffs for poultry utilizing the meta-analysis.** 2007. 199p. Thesis (Doctorate in Monogastric Nutrition). Federal University of Lavras, Lavras, MG¹.

Prediction equations generated from the simple chemical analyses of feedstuffs can aid the nutritionist in the calculating of least cost rations for animal maximum performance. The present work was carried out to obtain prediction equations to estimate the corrected apparent metabolizable energy values (AMEn) of concentrate feedstuffs (energetic and proteid) of vegetable origin, usually used in the broiler rations, utilizing the meta-analysis principle, which is a statistic procedure which has been gradually accepted by the scientific community. A bibliographical review of the studies realized in Brazil to catalogue information about AMEn values and chemical composition of the feedstuffs reported (CP-crude protein; EE-etherial extract; ash; CF-crude fiber; NDF-neutral detergent fiber; ADF-acid detergent fiber), for obtain the prediction equations for estimate the AMEn of these feedstuffs, using the chemical composition of them. The effects of sex (code-cod.1 = male; cod. 2 = female and cod. 3 = mixed); age (cod. 1 = 1st and 2nd week of life; cod. 2 = 3rd and 4th week; cod. 3 = 5th and 6th seek; cod. 4 = above or indefinite) and the methodology employed in the metabolism assay (cod. 1 = total collection of excreta and cod. 2 = forced fed plus total collection of excreta) were considered. The factorial among the codes of the effects (3x4x2) was performed, its being able to amount up to 24 groups, which were submitted to the ponderate least squares analysis, performing the meta-analysis. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, including themselves in the equation as related with their importance, and then, the Proc Reg of the Statistical Analysis System (SAS) to fit the multiple linear regression model was utilized. Two equations fitted themselves better to estimate the AMEn of the concentrates feedstuffs, $AMEn = 4101.33 + 56.28EE - 232.97ash - 28.86NDF + 10.42ADF$ ($R^2 = 0.84$) and $AMEn = 4095.41 + 56.84EE - 225,26ash - 22.24NDF$ ($R^2 = 0.83$). It was found that the variables NDF and ADF are important and that they cannot be disregarded, since their removal from the model caused the reduction of the determination coefficient of 84% and 83% to 70%.

¹Guidance committe: Prof. Paulo Borges Rodrigues – UFLA (Adviser). Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA; Prof. Antonio Gilberto Bertechini – UFLA.

1 INTRODUÇÃO

Na formulação de rações normalmente utilizam-se valores bromatológicos extraídos de tabelas de composição de alimentos, entretanto, esses valores podem ser diferentes entre as várias tabelas, segundo Rostagno (1990). Essas diferenças podem ser atribuídas às diferentes proporções e tipos de matéria-prima utilizada, além de diferenças no processamento desses alimentos.

Segundo Sakomura & Silva (1998), o conteúdo em nutrientes de vários cereais encontrados nas tabelas de composição não é confiável para a formulação de rações, e entre os fatores que determinam essa diversidade pode-se citar a variedade. Dessa forma, pode ser pouco seguro para a indústria utilizar os valores de tabela e seria extremamente oneroso e difícil submeter todas as partidas de matéria-prima a ensaios “in vivo”. Uma vez que as indústrias podem obter, com relativa facilidade, a composição bromatológica dos alimentos e o uso de regressões baseadas nessas análises químicas poderia ser de grande valia.

Segundo Albino (1980), a importância em determinar equações de predição para o valor energético dos alimentos baseia-se na dificuldade em efetuar bioensaios e no fato da maioria dos laboratórios não terem calorímetro. Nesse caso, trabalhar com equações geradas a partir de análises químicas simples pode auxiliar o nutricionista. Além disso, mesmo que os laboratórios tenham calorímetro, a execução de ensaios biológicos é dispendiosa e demorada.

A composição química dos alimentos varia em função de vários fatores, influenciando os valores energéticos dos alimentos (Lopes et al., 1990), e a necessidade de combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições, é muito antiga. O procedimento que utiliza métodos estatísticos para combinar ou comparar resultados de estudos distintos, mas relacionados, é definido como Meta-análise (Kirby, 1993).

O crescente volume de publicações científicas gerado pelo desenvolvimento das pesquisas e as conclusões, algumas vezes destoantes, obtidas em diferentes trabalhos versando sobre o mesmo tema, são as duas principais motivações de pesquisadores em compilar informações publicadas. Em vista disso, procedimentos estatísticos, dentre os quais destaca-se a meta-análise, vêm sendo utilizados para obtenção de uma resposta única e confiável para um conjunto de resultados publicados (Giannotti, 2004).

Apesar das críticas e problemas enfrentados pela meta-análise, as evidências indicam que ela é um procedimento estatístico que vem sendo aceito gradativamente pela comunidade científica, e sua aplicação tem aumentado em todos os campos das ciências (Cooper, 1990).

Diante do exposto, objetivou-se com o presente trabalho obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável, em função da composição química dos alimentos concentrados de origem vegetal comumente utilizados na alimentação de frangos de corte, aplicando-se o princípio da meta-análise para agrupar e ajustar os dados coletados de estudos distintos, com ensaios metabólicos, para os alimentos em questão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dados utilizados para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise

Os dados utilizados, referem-se a valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e composição química dos alimentos concentrados energéticos e protéicos, de origem vegetal, usualmente utilizados na formulação das dietas avícolas. O milho e o farelo de soja são considerados os mais importantes, já que são as principais fontes energética e protéica, respectivamente, sendo por isso largamente empregados na alimentação animal.

Esses dados foram provenientes de uma ampla e minuciosa revisão bibliográfica de modo a incluir o máximo possível de estudos sobre o tópico em questão. Para tanto, foram pesquisados anais de congressos e simpósios, trabalhos não indexados, bibliotecas e base de dados catalogados nos periódicos CAPES, à exemplo do CAB Abstracts, dentre outros.

A revisão de literatura incluiu trabalhos publicados e realizados nos últimos 40 anos, com a finalidade de se obter o máximo de informações e minimizar os erros que pudessem influenciar na análise dos dados. Para catalogação dos dados, os mesmos receberam a denominação de dados completos e incompletos, em função da composição química dos alimentos. As informações dos trabalhos consideradas completas apresentavam as seguintes variáveis de composição química: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), e as incompletas aquelas que apresentavam somente PB, EE, MM e FB.

Foram registradas informações para os alimentos concentrados de origem vegetal comumente utilizados em rações avícolas (Tabelas 1A, 2A, 3A e

4A), para se obter equações de predição para estimar a EMAn de tais alimentos, observando-se um total de 293 informações completas, sendo 197 para os alimentos energéticos e 96 para protéicos; enquanto que 574 registros foram catalogados considerando as informações completas e incompletas, sendo 375 e 199 informações para energéticos e protéicos, respectivamente (Tabela 39).

TABELA 39. Número de informações cadastradas no presente estudo, para realização da meta-análise, em função da composição química e valor energético dos alimentos.

CONCENTRADOS (informações completas)¹			
	Energéticos	Protéicos	Total
Nº Informações	197	96	293
CONCENTRADOS (todas as informações)²			
	Energéticos	Protéicos	Total
Nº Trabalhos ³	375	199	574

¹Concentrados de origem vegetal usualmente utilizados nas rações avícolas.

²Todas as informações= informações completas (sem FDN e FDA) mais as informações incompletas.

³Número de informações cadastradas no presente estudo.

2.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise.

Todos os procedimentos realizados nesse tópico foram idênticos àqueles já abordados no Capítulo II, desde o tópico 2.2.1. (pág. 52) até o 2.2.4. (pág. 55), só que agora considerando os alimentos concentrados, energéticos e protéicos, de origem vegetal. Sendo os concentrados energéticos aqueles que apresentam menos de 18% de FB e menos de 20% de PB, enquanto que os concentrados protéicos, menos de 18% de FB e mais de 20% de PB, como base na MS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise de regressão múltipla, correlações e multicolinearidade entre as variáveis considerando os alimentos concentrados

Foram realizados os procedimentos estatísticos para determinar a equação de predição para estimar os valores da EMAn para os alimentos concentrados. Inicialmente foi realizado o procedimento estatístico para as informações completas e subsequentemente para todas as informações (completas e incompletas). Observaram-se os resultados estatísticos para cada análise separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de determinação (R^2) para as equações de predições ajustadas, em cada caso em particular.

Quando consideraram-se as 293 informações completas (visto na Tabela 39), a equação de predição obtida, que teve o melhor ajuste para estimar o valor de EMAn dos alimentos concentrados, apresentou R^2 de 84%, no entanto, uma segunda equação também pode ser considerada, apresentando R^2 de 83%. Na tabela 40, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição em PB, EE, MM, FB, FDN e FDA.

TABELA 40. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados, em função de suas composições químicas (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes						R ²
	PB	EE	MM	FB	FDN	FDA	
+4052,25	---	---	-247,55	---	---	---	0,60
+3839,15	---	+53,80	-264,46	---	---	---	0,74
+4095,41	---	+56,84	-225,26	---	-22,24	---	0,83
+4101,33	---	+56,28	-232,97	---	-24,86	+10,42	0,84

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%), MM= matéria mineral (%), FB= fibra bruta (%), FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

A equação que melhor se ajustou para determinar a EMAn dos alimentos concentrados foi $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R² de 84%. As equações com mais de uma variável mostram melhores ajustes, assim como também os teores de FDA são importantes para variabilidade energética desses alimentos, uma vez que essa variável ao ser incluída no modelo ajustado da equação, o R² da equação de predição melhorou de 83% para 84%.

Conduzindo experimentos para determinar os valores da EMAn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, através de regressões múltiplas, Pesti et al. (1986) observaram melhores ajustes (R² = 0,90) quando combinaram, duas a duas, as variáveis cinzas, proteína bruta, cálcio e fósforo. No presente trabalho a MM compôs todas as equações ajustadas, só que diferentemente de Pesti et al. (1986), a catalogação dos dados do presente estudo não foi realizada com alimentos concentrados de origem animal e sim vegetal.

Rodrigues et al. (2002) relatam que equações com duas a quatro variáveis predizem melhor os valores energéticos dos alimentos protéicos por eles testados, que foram 8 alimentos à base de soja, porém, nem todas as equações com este número de variáveis fazem boas estimativas, pois, apesar da variável compor a equação, ela deve estar correlacionada com os valores energéticos.

Zonta et al. (2004) ao validarem as equações de Rodrigues et al (2002) e Janssen (1989), observaram que os farelos de soja foram melhor estimados pela equação de Janssen (1989), $EMAn = 37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$; porém a utilização das equações de Rodrigues et al (2002), $EMAn = -822,33 + 69,54PB - 45,46FDA + 90,81EE$ ($R^2 = 92\%$) e $EMAn = 2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$ ($R^2 = 90\%$) para predizer a EMAn do farelos de soja também foram viáveis.

Sibbald & Price (1977) discordam da afirmação de que equações de predição são viáveis para determinar os valores energéticos dos alimentos, baseados em um experimento em que foram obtidas a EMA e EMV de 30 amostras de trigo e 28 de aveia, que foram comparadas com valores de EM preditos por dados químicos e físicos obtidos dos grãos.

Os referidos autores afirmam que as comparações entre os valores preditos e observados para o trigo, tanto para a EMA quanto EMV, mostraram que as predições apresentaram pouca precisão e acurácia para aplicação prática. No entanto, Sakomura & Silva (1998), afirmam que vários pesquisadores desenvolveram boas equações de predição para estimar o conteúdo de energia dos ingredientes com base na composição química.

Esse ajuste com R^2 inferior a 90% nos resultados do presente trabalho, pode ser em função da variabilidade existente entre os alimentos catalogados, tanto na EMAn, quanto na composição química. Na Tabela 41, observa-se os CV's entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos alimentos testados.

TABELA 41. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis da composição química dos alimentos concentrados (valores expressos com base na matéria seca).

Alimentos Concentrados (293 informações completas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	710	4998	4288	23,91
PB	2,82	71,44	68,62	78,61
EE	0,37	26,21	25,84	104,37
MM	0,88	11,25	10,37	68,24
FB	0,02	15,65	15,63	81,32
FDN	1,48	59,29	57,81	59,49
FDA	0,68	36,90	36,22	77,87

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

Como as informações catalogadas são provenientes de trabalhos realizados com animais de sexo e idade diferentes, a composição química dos alimentos é variável, concordando com Soares et al. (2004), os quais afirmam que a composição química, digestibilidade e os métodos de processamento dos alimentos, assim como idade das aves submetidas aos experimentos, sob diferentes metodologias empregadas, causam prováveis variações nos valores energéticos dos alimentos.

Segundo Junqueira (1999), há grande variação entre os valores energéticos apresentados nas diversas tabelas de exigências nutricionais e de composição química, dificultando a comparação entre os nutrientes presentes nos alimentos. Por isso, vários estudos têm sido desenvolvidos visando atualizar

os valores nutricionais dos alimentos comumente utilizados na alimentação animal e conhecer o valor nutricional de novos ingredientes, tornando as tabelas mais completas e com valores mais precisos.

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos alimentos concentrados, estão apresentadas na Tabela 42. Observa-se que apenas o EE apresenta efeito positivo (0,269) sobre a EMAn, enquanto que para as demais esse efeito é negativo na seguinte ordem de importância, MM (-0,753), FB (-0,705), FDN (-0,575), FDA (-0,427) e PB (-0,378). Vale salientar que apesar de altas correlações negativas, a FB e PB, não compõem nenhuma das equações obtidas para estimar os valores energéticos dos alimentos concentrados.

TABELA 42. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos alimentos concentrados.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹	FDN¹	FDA¹
EMAn	1,000						
PB	-0,378**	1,000					
EE	0,269**	0,120*	1,000				
MM	-0,753**	0,678**	0,132*	1,000			
FB	-0,705**	0,303**	0,068	0,719**	1,000		
FDN	-0,575**	-0,063	0,111	0,390**	0,763**	1,000	
FDA	-0,427**	0,367**	0,160**	0,518**	0,648**	0,583**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro e FDA= fibra em detergente ácido.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

Apenas a variável EE correlacionou-se direta e positivamente (0,269; $P < 0,01$) com a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), portanto se o EE for alterado por algum motivo, como por exemplo, se o teor de gordura do alimento for elevado, influenciará, consideravelmente, o teor energético dos concentrados fazendo com que o mesmo seja também elevado.

Em ordem de importância a MM foi a variável mais importante que se correlacionou negativamente com a EMAn dos alimentos (-0,753), seguida da FB (-0,705), da FDN (-0,575), da FDA (-0,427) e por fim da PB (-0,378), revelando um elevado grau de associação entre essas variáveis e a EMAn dos concentrados de origem vegetal. Portanto, se o teor de uma delas elevar-se, conseqüentemente, o teor energético dos alimentos é reduzido.

Rodrigues et al. (2001) ao determinarem equações de predição, para o milho mais subprodutos do milho (subprodutos esses tanto energéticos como protéicos), observaram que a MM foi a variável que melhor se correlacionou com os valores energéticos desses alimentos, participando de praticamente todas as equações estimadas, exceto naquela em que a FDN participou isoladamente. Apesar de se correlacionar negativamente ao conteúdo de energia dos alimentos, a correlação da MM com as EMAn foi alta, correspondendo a 0,9290.

No presente estudo a MM, além de atuar expressivamente sobre os valores de EMAn dos alimentos, compondo todas as equações ajustadas, é influenciada supostamente de forma direta e positiva por todas as outras variáveis da composição química dos alimentos, onde correlaciona-se positivamente com a FB (0,719; $P < 0,01$), com a PB (0,678; $P < 0,01$), FDA (0,518; $P < 0,01$), FDN (0,390; $P < 0,01$) e com o EE (0,132; $P < 0,05$). No entanto, essas variáveis que se correlacionam com a MM têm influências supostamente indiretas sobre a EMAn dos alimentos concentrados, pois à medida que uma delas se eleva nos alimentos, os teores de MM têm o mesmo comportamento e

por consequência a EMAn diminui. Logicamente, o aumento da MM do alimento resulta em diminuição da matéria orgânica, que é geradora de energia e, com isso, o valor energético do alimento diminui.

Nagata et al. (2004), validaram as equações propostas por Rodrigues (2000) e concluíram que a equação: $EMAn = 4021,8 - 227,55MM$ foi a mais indicada para prever valores da EMAn dos alimentos energéticos por eles analisados (7 híbridos de milho, 1 gérmen de milho, 1 quirera de milho, 2 milhetos e 2 sorgos). Assim, solidificaram-se os registros de que a MM realmente é importante na variabilidade energética dos alimentos.

Correlações significativas também foram constatadas entre algumas variáveis que têm efeito indireto sobre os valores de EMAn dos concentrados, a exemplo da PB e FB (0,303; $P < 0,01$), onde o aumento da PB do alimento ocasiona aumento da FB do mesmo. Por consequência, os teores de FDN e FDA por estarem altamente correlacionados com os teores de FB dos alimentos (0,763; $P < 0,01$) e (0,648; $P < 0,01$) respectivamente, também têm seus valores elevados, com isso os valores da EMAn desses alimentos são reduzidos.

Os teores de FDN e FDA, além de apresentarem correlações negativas com a EMAn dos alimentos, são muito importantes na variabilidade energética dos alimentos, já que participam efetivamente do modelo da equação de predição ajustada para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados ($EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$). Portanto estes teores não podem ser desconsiderados.

Correlações negativas entre a FB e os valores da EMAn dos alimentos são explicadas por Philip et al. (1995) e Smits & Annison (1996), pois afirmam que a parede celular das fibras dos vegetais apresenta conteúdo de polissacarídeos não amídicos (PNA's) de forma variável, acarretando efeito negativo na habilidade das aves em digerir alguns nutrientes, particularmente do

amido, da proteína e gordura, fazendo com que ocorra uma redução na absorção dos nutrientes, e conseqüentemente, diminuindo o valor energético dos alimentos.

Todas as variáveis da composição química dos alimentos consideradas no presente trabalho, são importantes na alteração do valor energético dos alimentos concentrados, só que ao considerar o modelo da equação ajustada $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84%, a MM mostrou-se como sendo a variável mais importante, com R^2 parcial de 60% (compondo todas as equações ajustadas), seguido do EE (R^2 parcial = 14,34%), da FDN (R^2 parcial = 9,17%) e por fim da FDA (R^2 parcial = 0,33%).

Vale salientar que uma segunda equação ajustada com menos variáveis também pode ser considerada para determinar os valores de EMAn desses alimentos, sendo $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$, com R^2 de 83%. Com isso torna-se necessário a validação futura dessas equações, através de ensaios metabólicos com aves, e caso a resposta seja confiável estatisticamente nos dois casos, pode ser adotado a equação com menos variáveis, facilitando assim, as práticas laboratoriais.

Dale et al. (1990), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de 4 países diferentes, e determinaram equações para estimar a energia metabolizável (EMVn), cuja diferença média entre 22 dados obtidos “in vivo”, para os resultados preditos, foi de 3,4%, onde as equações de predição foram desenvolvidas com base em uma, duas e três variáveis da composição química, sendo melhor a equação obtida quando se incluiu EE e MM.

Apesar das equações, obtidas no presente estudo, não terem utilizado valores da composição química de alimentos de origem animal para serem geradas, ficou evidenciada a importância que os valores de EE e MM representam quando se fala em valor energético dos alimentos concentrados, o que de certa forma também foi observado por Dale et al. (1996) como citou Azevedo (1996).

Considerando as 574 informações (completas+incompletas), catalogadas para os alimentos concentrados (visto na Tabela 39), a equação de predição obtida, apesar de uma quantidade maior de dados, apresentou o melhor ajuste para estimar o valor da EMAn desses alimentos, com R² de 70%, valor esse inferior aos ajustados anteriormente (R²= 83% e 84%), quando foram consideradas as 293 informações completas.

Na tabela 43, estão apresentadas as equações obtidas utilizando a composição química em PB, EE, MM e FB.

TABELA 43. Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados, em função de suas composições químicas (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	Coeficientes				R ²
	PB ¹	EE ¹	MM ¹	FB ¹	
+3775,34	---	---	---	-121,05	0,50
+3965,25	---	---	-112,87	-80,81	0,60
+3798,11	---	+42,76	-135,69	-71,24	0,70

¹PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Quando utilizaram-se todas as variáveis da composição química dos alimentos (PB, EE, MM, FB, FDN e FDA) o R² da equação foi superior quando foram desconsideradas a FDN e FDA, mesmo havendo uma maior quantidade de informações catalogadas. Portanto, pode-se concluir que essas duas variáveis são importantes na variabilidade energética dos alimentos concentrados, uma vez que fizeram parte das equações ajustadas anteriormente com 83% e 84%.

A equação ajustada para determinar a EMAn dos alimentos concentrados foi $EMAn = 3798,11 + 42,76EE - 135,69MM - 71,24FB$, com R² de 70%. Observa-se que mesmo aumentando o número de informações, o ajuste da equação de predição não foi satisfatório, uma vez que os teores de FDN e FDA, não foram considerados nessa etapa do trabalho, o que pode justificar a redução do coeficiente de determinação de 83% e 84%, para 70%.

Realmente os teores de FDN e FDA dos alimentos concentrados são importantes na variabilidade energética de tais alimentos, estando de acordo com Bedford (1995), o qual explica que uma ampla variação na quantidade de fibra bruta dos alimentos pode levar à diferença nos valores energéticos dos mesmos.

Campbell et al. (1986) utilizaram oitenta e seis dietas avícolas para desenvolver equações de predição para a EMV, EMVn e EMAn, e observaram que a energia bruta das dietas apresentou alta correlação com o EE. Entretanto, a predição das perdas energéticas nas excretas melhorou substancialmente quando dois itens eram incluídos: fibra (na forma de FB, FDN ou FDA) e MM. No entanto, a FDN foi menos satisfatória como preditor que a FDA e a FB, colaborando, de certa forma com os resultados do presente trabalho.

Os teores fibrosos devem ser considerados em trabalhos que analisam valores nutricionais de determinados alimentos na alimentação das aves, sendo que, no decorrer das revisões para catalogação das informações pôde-se observar deficiência nesse aspecto, já que na Literatura Científica Nacional, vários

trabalhos desconsideraram os teores de FDN e FDA, e que são importantes, de acordo com os resultados no presente estudo.

Esse problema dificultou o levantamento bibliográfico, uma vez que houve critérios para inclusão dos trabalhos, e aqueles que não se enquadraram, não puderam ser incluídos no presente estudo. Possivelmente a utilização desses critérios, pode ter sido relevante para que se obtivesse um melhor ajuste nas predições.

Analisando o farelo de girassol, Green & Kiener (1989) e Musharaf (1991), também observaram a importância da FB sobre os valores energéticos desse alimento, onde constataram que a percentagem de fibra bruta no farelo de girassol pode variar de 14 a 20,6%, em função da quantidade de casca presente no farelo, alterando com isso os valores energéticos de tal alimento.

Já analisando a soja, Lelis et al. (2006) observou que a casca da mesma, dentre os alimentos avaliados, foi o que apresentou menores valores da EMAn (741Kcal de EM/kg de MS), provavelmente em função da fibra que apresenta baixa degradação no sistema digestivo das aves, devido à elevada taxa de passagem dos alimentos.

O ajuste da equação com R^2 de 70%, pode ter sido pelo fato da desconsideração dos teores de FDN e FDA, já que as amplitudes foram superiores em quase todas as variáveis consideradas, exceto para a EMAn nessa etapa do trabalho, quando comparadas às 293 informações completas testadas anteriormente. Mesmo a amplitude agora analisada, sendo maior para a PB, observa-se que o CV para tal variável foi menor nessa análise (77,28%), quando comparado com os 78,64% analisado anteriormente, o que pode também estar justificando a redução do R^2 da equação ajustada nessa etapa do trabalho.

Com isso, o valor protéico dos alimentos concentrados, mesmo não compondo a equação ajustada pode ser considerado importante na variabilidade energética de tais alimentos, onde, provavelmente, influencia indiretamente

através de correlações com as outras variáveis da composição química desses alimentos.

A variabilidade existente entre as variáveis de composição química e EMAn dos alimentos concentrados é sempre importante para o ajuste de equações de predição. Segundo Albino & Silva (1996), a utilização das equações é mais apropriada, quando a composição química dos alimentos tem ampla variabilidade.

Na Tabela 44, estão apresentados os CV's entre as variáveis de composição química e valores energéticos dos alimentos concentrados de origem vegetal catalogados.

TABELA 44. Coeficientes de variação para a EMAn e variáveis da composição química dos alimentos concentrados (valores expressos com base na matéria seca).

Alimentos Concentrados (574 informações = completas + incompletas)				
Variáveis¹	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	710	4998	4288	24,35
PB	1,47	71,44	69,97	77,28
EE	0,03	26,21	26,18	112,54
MM	0,30	12,61	12,31	71,25
FB	0,02	27,63	27,61	86,62

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (Kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%) e FB= fibra bruta (%).

Ao comparar os CV's entre o banco de dados anterior (293 informações completas) com o banco atual (574 informações completas + incompletas)

cadastrados para os alimentos concentrados, observa-se que os valores de CV expressos nessa etapa são superiores para quase todas as variáveis em estudo (EMAn: 24,34%; PB: 77,28%; EE: 112,54%; MM: 71,25% e FB: 86,62%), exceto para PB, àqueles apresentados anteriormente (EMAn: 23,91%; PB: 78,64%; EE: 104,37%; MM: 68,24% e FB: 81,62%).

Evidenciando a amplitude registrada nessa etapa de análises, que também foram superiores para quatro das cinco variáveis estudadas (EMAn: 4288 Kcal/Kg; PB: 69,97%; EE: 26,18%; MM: 12,31% e FB: 27,61%), quando comparadas às amplitudes registradas anteriormente (EMAn: 4288 Kcal/Kg; PB: 68,62%; EE: 25,84%; MM: 10,37% e FB: 15,63%).

Observa-se que a variabilidade entre as variáveis estudadas ocorreu, portanto a redução do R^2 da equação ajustada de 83% e 84% para 70%, pode ser justificada pela retirada dos teores de FDN e FDA, que são consideradas importantes na variação energética dos alimentos concentrados. Destaca-se que, aumentando o número de informações, por si só não adianta e, para que ocorra melhora considerável do R^2 da equação que estima os valores de EMAn dos alimentos concentrados, é necessário considerar os teores de FDN e FDA na composição química dos alimentos.

No presente trabalho, a variação entre os valores da EMAn e a composição química dos alimentos existiu, concordando com Azevedo (1996), onde afirma que a variabilidade entre os alimentos existe, mas que segundo Rostagno & Silva (1997) os nutricionistas devem estar atentos para estas possíveis alterações no valor nutricional dos alimentos, fazendo as modificações necessárias, permitindo assim um processo de formulação de rações com maior acurácia.

Dentre os vários fatores que podem justificar a variação registrada nos valores nutricionais dos alimentos do presente estudo, Penz Jr. et al. (1999) relataram que, para alguns alimentos, a substituição na ração referência acima

dos níveis de inclusão utilizados normalmente nas rações de produção, pode subestimar os valores de energia dos alimentos, concordando com Freitas et al. (2004).

Nascimento et al., (2005) explicam que essa variação também é influenciada pela idade do animal e a metodologia utilizada para determinação da energia, onde a idade das aves a serem usadas é importante, pois o trânsito digestivo sobre a ação das secreções gástricas varia com a idade e pode alterar os valores de energia metabolizável, concordando com vários autores (Albino et al., 1981; Longo et al., 2005; Nir, 1998).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos alimentos concentrados, estão apresentadas na Tabela 45. Observa-se que todas as variáveis consideradas correlacionaram-se com a EMAn dos alimentos concentrados, onde apenas o EE apresentou correlação positiva (0,262), enquanto as demais variáveis apresentaram correlações negativas, na seguinte ordem de importância, FB (-0,684), MM (-0,643) e por fim PB (-0,263).

TABELA 45. Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos alimentos concentrados.

	EMAn¹	PB¹	EE¹	MM¹	FB¹
EMAn	1,000				
PB	-0,263**	1,000			
EE	0,262**	0,128**	1,000		
MM	-0,643**	0,556**	0,136**	1,000	
FB	-0,684**	0,161**	-0,041	0,580**	1,000

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral e FB= fibra bruta.

*significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste t (P<0,05).

**significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste t (P<0,01).

A EMAn dos alimentos concentrados é alterada negativamente caso ocorra o aumento dos teores de FB principalmente, mas também da MM e PB, sendo essa última variável menos importante que as demais, na variabilidade energética desses alimentos. Já o EE presente nesses alimentos têm efeitos contrários em relação às demais variáveis apresentadas, uma vez que alimentos apresentando altos teores de EE também têm os valores da EMAn superiores, já que o EE e a EMAn apresentaram correlação positiva.

De acordo com Brum et al. (2000), a variação na composição química dos alimentos está ligada a vários fatores, que por sua vez, irão alterar os valores energéticos dos alimentos, principalmente em função dos níveis de EE e FB nos ingredientes; onde quanto maior o EE e menor a FB, maior será a EMAn, o que concorda com os resultados do presente estudo.

Correlações entre as variáveis, causando prováveis alterações indiretas da EMAn dos alimentos concentrados, foram registradas, à exemplo da FB que sofre alteração em função dos valores de MM (0,580; $P < 0,01$) e PB (0,161; $P < 0,01$), onde o aumento dos teores de MM ou FB, aumenta também a FB e por conseqüência, reduz os valores da EMAn. De forma menos expressiva o EE influencia a PB, já que a correlação positiva entre essas duas variáveis (0,128) foi significativa ($P < 0,01$), potencializando o efeito, pois se a PB altera elevando a FB e por conseqüência, reduz a EMAn.

A FB sofre ação das demais variáveis, supostamente de forma direta ou indireta, e conseqüentemente afeta a EMAn dos alimentos. No entanto, com os resultados do presente trabalho pode-se comprovar a importância que os teores de FB exercem sobre os valores da EMAn dos alimentos concentrados de origem vegetal, já que é a variável mais importante para o ajustamento do modelo de regressão para obtenção da equação de predição, apresentando o R^2 parcial de 49,99%, seguida da MM (R^2 parcial = 9,82%) e do EE (R^2 parcial =

9,23%). Portanto, não se pode desconsiderar a variável FB quando estuda-se os valores energéticos dos alimentos concentrados.

Ressalta-se que os constituintes da fibra dos alimentos, expressos em FDN e FDA, são mais expressivos na determinação dos valores de EMAN dos alimentos concentrados de origem vegetal, utilizados nas rações de aves, concordando com vários autores, à exemplo de Carré et al. (1984) e Rizzo et al. (2006), que constataram a importância da fração fibrosa na estimativa da EMAN de alimentos rotineiramente utilizados nas rações avícolas.

Foi realizado o teste de multicolinearidade entre as variáveis da composição química dos alimentos, de acordo com Montgomery & Peck (1981), tanto utilizando apenas as 293 informações completas, como também as 574 informações completos mais incompletos, para os alimentos concentrados, não sendo demonstrada significância estatística em nenhum dos casos. Portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

4 CONCLUSÕES

Duas equações se ajustaram melhor para estimar a EMAn dos alimentos concentrados de origem vegetal, sendo: $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84%, onde a MM mostrou-se como sendo a variável mais importante no modelo ajustado; e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$, com R^2 de 83%. Com isso, são necessárias, análises através de comparações estatísticas futuras das duas equações, utilizando a metodologia de ensaios metabólicos com aves.

Os teores de FDN e FDA são variáveis importantes e que não podem ser desconsideradas no ajuste de equações de predição para estimar os valores energéticos dos alimentos concentrados de origem vegetal.

O aumento do número de amostras para gerar equações de predição utilizando as variáveis de composição química dos alimentos, por si só não adianta, pois pode acarretar redução dos coeficientes de determinação das equações ajustadas, por falta de variáveis importantes no modelo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L. F. T. **Determinação de valores de energia metabolizável e triptofano de alguns alimentos para aves em diferentes idades.** 1980. 55 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; COSTA, P. M. A., SILVA, D. J.; SILVA, M. A. Tabela de composição de alimentos concentrados - V. Valores de composição química e de energia determinados com aves em diferentes idades. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 133-146, jan./fev. 1981.
- ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.
- AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves.**, 1996. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 145-155, June 1995.
- 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.
- 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, Nov. 1986.
- CARRE, 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. 1984.
- COOPER, H. M. **Integrating research: a guide for literature reviews.** 2 ed. Newbury Park: Sage, 1990. 157 p.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, F. R. Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: SBZ, 2004.

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). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GREEN, S.; KIENER, T. Digestibilities of nitrogen and amino acids in soya-bean, sunflower, meat and rapeseed meals measured with pigs and poultry. **Animal Production**, Edinburg, v. 48, p. 157-179, 1989.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Res. and Information Services).

JUNQUEIRA, O. M.; ARAÚJO, L. F. Energia para Frango de Corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p. 41-52.

KIRBY, K. N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 475 p.

LELIS, G. R.; NERY, L. R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; NOBRE JUNIOR, F. M.; SILVA, C. R. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos de origem vegetal para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

LONGO, F. A.; MENTEN, J. F. M.; PEDROSO, A. A.; FIGUEIREDO, A. N.; RACANICCI, A. M. C.; GAIOTTO, J. B.; SORBARA, J. O. B. Diferentes Fontes de Proteína na Dieta Pré-Inicial de Frangos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 1, p. 112-122, jan./fev. 2005.

LOPES, D. C.; DONZELLE, J. L.; ALVARENGA, J. C.; Fontes, R. A.; Vieira, A. A. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 181-185, maio/jun. 1990.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504 p.

MUSHARAF, N. A. Effect of graded levels of sunflower seed meal in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 33 , n. 1/2, p. 129-137, Apr. 1991.

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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 668-677, maio/jun. 2004.

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, v. 34, n. 3, p. 877-881, maio/jun. 2005.

NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998. p. 81-91.
PENZ JR., A. M. et al. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p. 1-24.

PESTI, G. M.; FAUST, L. O.; FULLER, H. L.; DALE, N. M. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 12, p. 2258- 2267, Dec. 1986.

PHILIP, J. S.; GILBERT, H. J.; SWITHARD, R. R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poultry Science**, Abington, v. 36, n. 4, p. 599-605. Sept. 1995.

RIZZO, E. A.; PIOVESAN, V.; SOUZA, L.; RIEGER, C.; PEIXOTO, E. C. T. M.; OLIVEIRA, V. Características químicas e nutricionais de diferentes amostras de farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

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

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; SANTANA, R. T. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, 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, E. R. S. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

ROSTAGNO, H. S. Valores de alimentos e de exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Campinas, 1990. Anais... Viçosa: SBZ, 1990. p. 11-30.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, M. A. Disponibilidade de nutrientes em grãos de má qualidade. In: SEMINARIO INTERNACIONAL EN CIENCIAS AVICOLAS – CONFERENCIAS EMPRESARIALES EXPO AVICOLA'97. Santa Cruz, 1997. Anais... Santa Cruz: AMEVEA, 1997. p. 155-166.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 22, p. 125-146, mar. 1998.

SIBBALD, I. R.; PRICE, K. True and apparent metabolizable energy values for poultry of canadian wheats and oats measured by bioassay and predicted from physical and chemical data. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 57, n. 4, p. 365-374, Dec. 1977.

SMITS, C. H. M., ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiological valid approach to their determination. **World Poultry Science Journal**, Madison, v. 52, n. 2, p. 203-221, June 1996.

SOARES, K. R.; BERTECHINI, A. G.; FASSANI, E. J.; KATO, R. K.; RODRIGUES, P. B.; FIALHO, E. T.; ZONTA, M. C. M. Energia metabolizável aparente de alguns alimentos para frangos de corte na fase pré-inicial. In:

REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: SBZ, 2004.

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.

CAPITULO V

CONCLUSÃO GERAL

1 Equações de predição para valores energéticos dos alimentos

1.1 Alimentos energéticos

Para os alimentos energéticos, predominantemente os R²'s das equações de predição obtidas, foram aumentando proporcionalmente ao aumento da variabilidade existente entre as variáveis de composição química e da EMAn dos alimentos energéticos. Portanto, pode-se afirmar que, utilizando alimentos que apresentem amplas variações na EMAn e composição química, maior precisão tem a equação ajustada para estimar os valores de EMAn desses alimentos, através do princípio da meta-análise.

As equações que melhor se ajustaram para determinar os valores da EMAn dos alimentos energéticos usualmente utilizados nas dietas avícolas foram $EMAn = 4371,18 - 26,48PB + 30,65EE - 126,93MM - 52,26FB - 25,14FDN + 24,40FDA$ e $EMAn = 4205,23 + 30,58EE - 130,35MM - 58,29FB - 28,31FDN + 16,71FDA$, ambas com R² de 81%.

Os teores de FDN e FDA são muito importantes para os alimentos energéticos, no processo de obtenção da equação de predição adequada, uma vez que quando desconsideradas essas variáveis no banco de dados, a equação gerada apresentou R² inferior, caindo de 81% para 75%.

A tabela 46 apresenta o resumo das equações geradas, para estimar os valores de EMAn dos alimentos energéticos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações de frangos de corte.

TABELA 46. Equações de predição obtidas para estimar a EMAn dos alimentos energéticos, em função da composição química exigida no presente trabalho.

Alimentos ¹	Constante	Coeficientes / Composição química completa						R ²	CV (%) EMAn ³
		PB ²	EE ²	MM ²	FB ²	FDN ²	FDA ²		
M	+3657,27	+9,03	---	+60,45	+48,20	-12,12	---	0,13	2,91
M+S	+3831,40	+28,40	+19,52	-163,80	-69,71	-13,72	+31,04	0,33	5,59
ENERG	+4205,23	---	+30,58	-130,35	-58,29	-28,31	+16,71	0,81	21,67
	+4371,18	-26,48	+30,65	-126,93	-52,26	-25,14	+24,40	0,81	

Alimentos	Constante	Coeficientes / Composição química incompleta						R ²	CV (%) EMAn
		PB	EE	MM	FB				
M	+3631,44	---	-23,25	+63,70	+56,15	---	---	0,07	3,30
M+S	+4020,50	---	---	-151,34	-46,33	---	---	0,43	9,47
ENERG	+4265,54	-37,52	+22,21	-70,88	-97,07	---	---	0,75	22,03

¹M= Milho; M+S= Milho e seus subprodutos energéticos e ENERG= energéticos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações avícolas.

²PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

³CV(%) EMAn= Coeficiente de variação da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

1.2 Alimentos protéicos

A equação que melhor se ajustou para determinar os valores energéticos dos alimentos protéicos usualmente utilizados nas dietas avícolas foi EMAn= 2707,71 + 58,63EE – 16,06FDN (R²= 81%), sendo o EE considerado a principal variável e responsável por explicar a variabilidade energética dos alimentos analisados.

Para que ocorra melhora considerável do R² da equação de predição que irá determinar os valores energéticos dos alimentos protéicos é necessário aumentar o número de dados para serem analisados e utilizar alimentos que apresentem ampla variação na composição química e energética.

Os teores de FDN são importantes para os alimentos protéicos, no processo de obtenção da equação de predição adequada, pois quando desconsiderada essa variável no banco de dados, a equação gerada apresentou R² inferior, caindo de 81% para 71%.

Na tabela 47, observa-se o resumo das equações geradas para estimar os valores da EMAn dos alimentos protéicos.

TABELA 47. Equações de predição obtidas para estimar a EMAn dos alimentos protéicos, em função da composição química exigida no presente trabalho.

Alimentos ¹	Constante	Coeficientes / Composição química completa						R ²	CV (%) EMAn ³
		PB ²	EE ²	MM ²	FB ²	FDN ²	FDA ²		
FS	+2707,16	---	---	---	+48,25	-31,65	---	0,20	5,95
S+SUB	+2707,71	---	+58,63	---	---	-16,06	---	0,81	21,14
PROT	+1412,26	+28,74	+72,07	-71,90	---	---	---	0,77	25,24
Alimentos	Constante	Coeficientes / Composição química incompleta				R ²	CV (%) EMAn		
		PB	EE	MM	FB				
FS	+2303,38	---	---	---	+46,59	---	0,10	6,54	
S+SUB	+844,57	+21,76	+67,17	+61,73	+39,22	---	0,63	19,80	
PROT	+1913,54	+28,63	+62,76	-126,23	-14,21	---	0,71	26,60	

¹FS= Farelo de soja; S+SUB= Soja e subprodutos e PROT= protéicos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações avícolas.

²PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

³CV(%) EMAn= Coeficiente de variação da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

1.3 Alimentos concentrados

Duas equações se ajustaram melhor para determinar a EMAn desses alimentos, sendo: $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84%; e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$, com R^2 de 83%, cabendo validações futuras dessas equações, através de ensaios metabólicos com aves.

Os teores de FDN e FDA foram importantes no ajuste das equações de predição dos valores energéticos dos alimentos concentrados de origem vegetal, pois, quando desconsideradas nos modelos, ocorreu a redução do coeficiente de determinação de 83% e 84% para 70%.

O aumento do número de amostras para gerar equações de predição utilizando as variáveis de composição química dos alimentos, por si só não adianta, pois pode acarretar redução dos coeficientes de determinação das equações ajustadas por falta de variáveis importantes no modelo.

Torna-se importante a exploração completa das variáveis de composição química dos alimentos nos trabalhos científicos que abordam valores nutricionais dos alimentos utilizados nas dietas avícolas, principalmente FDN e FDA, o que na maioria das vezes não acontece, e que foi percebido na revisão realizada para o presente trabalho.

Na tabela 48 está apresentado o resumo das equações geradas, para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados energéticos e protéicos, usualmente utilizados nas rações avícolas.

TABELA 48. Equações de predição obtidas para estimar a EMAn dos alimentos concentrados energéticos e protéicos, em função da composição química exigida no presente trabalho.

Alimentos ¹	Constante	Coeficientes / Composição química completa						R ²	CV (%) EMAn ³
		PB ²	EE ²	MM ²	FB ²	FDN ²	FDA ²		
CONC	+4095,41	---	+56,84	-225,26	---	-22,24	---	0,83	23,91
	+4101,33	---	+56,28	-232,97	---	-24,86	+10,42	0,84	
Alimentos	Constante	Coeficientes / Composição química incompleta					R ²	CV (%) EMAn	
		PB	EE	MM	FB				
CONC	+3798,11	---	+42,76	-135,69	-71,24	---	---	0,70	24,35

¹CONC= Concentrados energéticos e protéicos de origem vegetal, usualmente utilizados nas rações avícolas.

²PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); FB= fibra bruta (%); FDN= fibra em detergente neutro (%) e FDA= fibra em detergente ácido (%).

³CV(%) EMAn= Coeficiente de variação da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

Para que uma equação de predição do conteúdo energético dos alimentos seja assumida como eficaz para predizer a energia de amostras futuras, é necessário testar a confiabilidade estatística da estimativa, tornando as equações válidas. Portanto, é imprescindível a realização de ensaios metabólicos futuros para determinar os valores energéticos dos diferentes concentrados de origem vegetal utilizados nas rações de aves e, posteriormente, comparar os valores provenientes dos ensaios “in vivo”, com os valores estimados pelas equações ajustadas no presente trabalho.

ANEXOS

ANEXO A	Página
TABELA 1A. SUBPRODUTOS ENERGÉTICOS DO MILHO CATALOGADOS NO TRABALHO, COM SUAS RESPECTIVAS FONTES DE REFERÊNCIA.	185
TABELA 2A. ALIMENTOS ENERGÉTICOS DE ORIGEM VEGETAL CATALOGADOS NO TRABALHO, COM SUAS RESPECTIVAS FONTES DE REFERÊNCIA.	186
TABELA 3A. SUBPRODUTOS DA SOJA CATALOGADOS NO TRABALHO, COM SUAS RESPECTIVAS FONTES DE REFERÊNCIA.	190
TABELA 4A. ALIMENTOS PROTÉICOS DE ORIGEM VEGETAL CATALOGADOS NO TRABALHO, COM SUAS RESPECTIVAS FONTES DE REFERÊNCIA.	191

TABELA 1A. Subprodutos energéticos do milho catalogados no trabalho, com suas respectivas fontes de referência.

Milho alta gordura	Lelis, G.R. et al (2006)
Milho canjica	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Milho carolo	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Milho gelatinizado	Albino, LFT et al (1994)
Milho opaco grão	Rostagno, H.S. et al (1987)
Milho subproduto industrial	Rostagno, H.S. et al (2000)
Farelo de canjiqueiro de milho	Andriquetto, J.M. et al (2000)
Farelo de casca de milho	EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Farelo de gérmen de milho	Lelis, G.R. et al (2006); Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004)
Farelo de gérmen de milho desengordurado	Brunelli, S.R. et al (2004)
Farelo de gérmen de milho solvente	Andriquetto, J.M. et al (2000)
Farelo de quirera de milho	Nagata, A.K. (2004) Ost, P.R. (2004)
Farelo de resíduo de milho	Brum, P.A.R. et al (2000)
Gérmen de milho	Rostagno, H.S et al (2005); Rodrigues, P.B et al (2001); Albino, LFT et al (1994)
Gérmen de milho desengordurado	Rodrigues, P.B et al (2001)
Gérmen de milho fino	Rodrigues, P.B et al (2001)

TABELA 2A. Alimentos energéticos de origem vegetal catalogados no trabalho, com suas respectivas fontes de referência.

Aveia grão	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Centeio grão	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Cevada grão	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Farelinho de trigo	Rostagno, H.S. et al (1987)
Farelo de arroz	Albino, LFT et al (1992); Andriguetto, J.M. et al (2000); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, H.S. et al (2000)
Farelo de arroz desengordurado	Albino, LFT et al (1987); Albino, LFT et al (1989); EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987)
Farelo de arroz integral	Albino, LFT et al (1989); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Farelo de arroz solvente	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Farelo de canjiqueiro de milho	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Farelo de casca de milho	EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Farelo de gérmen de milho	Lelis, G.R. et al (2006); Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004)
Farelo de gérmen de milho desengordurado	Brunelli, S.R. et al (2004)
Farelo de gérmen de milho solvente	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Farelo de mandioca	Andriguetto, J.M. et al (2000); EMBRAPA (1985)
Farelo de quirera de milho	Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004)
Farelo de resíduo de mandioca	EMBRAPA (1985)

...*Continua...*

TABELA 2A. Cont.

Farelo de resíduo de milho	Brum, P.A.R. et al (2000)
Farelo de trigo	Albino, LFT et al (1989); Albino, LFT et al (1992); Andriquetto, J.M. et al (2000); EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982a); Nunes, R.V et al (2001); Nunes, R.V et al (2004a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, H.S. et al (2000)
Farelo de trigo animal	Borges, F.M.O. et al (2003)
Farelo de trigo grosso	Borges, F.M.O. et al (2003)
Farelo de trigo humano	Borges, F.M.O. et al (2003)
Farelo de mandioca	EMBRAPA (1985); Andriquetto, J.M. et al (2000)
Farinha de algaroba	Albino, LFT et al (1989)
Farinha de mandioca	Lima, IL et al (1989)
Farinha de trigo clara	Borges, F.M.O. et al (2003)
Farinha de trigo escura	Borges, F.M.O. et al (2003); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000)
Gérmen de milho	Rostagno, H.S et al (2005); Rodrigues, P.B et al (2001); Albino, LFT et al (1994)
Gérmen de milho desengordurado	Rodrigues, P.B et al (2001)
Gérmen de milho fino	Rodrigues, P.B et al (2001)
Milheto	Albino, LFT et al (1994); Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2001); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000)
Milheto moído	Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004)

...*Continua...*

TABELA 2A. Cont.

Milho	Albino, LFT et al (1987); Albino, LFT et al (1989); Albino, LFT et al (1992); Albino, LFT et al (1994); Andriguetto, J.M. et al (1996); Andriguetto, J.M. et al (2000); Carvalho, D.C.O et al (2004); D'Agostini, P et al (2004); D'Agostini, P. et al (2001); EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982a); Kato, R.K. (2005); Lelis, G.R. et al (2006); Mazzuco, H et al (2002a); Nagata, A.K. (2003); Nery, L.R. et al (2005); Nunes, R.V et al (2004a); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2001); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1983); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, H.S. et al (1992); Rostagno, H.S. et al (2000); Vieira, O.R. (2006) .
Milho alta gordura	Lelis, G.R. et al (2006)
Milho canjica	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Milho carolo	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Milho gelatinizado	Albino, LFT et al (1994)
Milho opaco grão	Rostagno, H.S. et al (1987)
Milho subproduto industrial	Rostagno, H.S. et al (2000)
Quebrado de arroz	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Quirera de arroz	Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000); Rostagno, H.S. et al (1987)
Raspa integral de mandioca	Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000); Rostagno, H.S. et al (1987)
Sorgo baixo tanino	Albino, LFT et al (1989); Brum, P.A.R. et al (2000); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, H.S. et al (2000)
Sorgo grão	Albino, LFT et al (1994); Andriguetto, J.M. et al (2000); Franqueira, J.M. et al (1982a); Nagata, A.K. (2004); Nunes, R.V et al (2004a); Ost, P.R. (2004)
Sorgo moído	Nagata, A.K. (2004); Ost, P.R. (2004)
Sorgo sacarino	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)

...*Continua...*

TABELA 2A. Cont.

Trigo grão	Andriguetto, J.M. et al (2000); Brum, P.A.R. et al (2000); Mazzuco H. et al (2000); Mazzuco, H et al (2002b); Nunes, R.V et al (2001); Nunes, R.V et al (2004a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000)
Trigo moído	EMBRAPA (1985)
Trigo mourisco grão	Andriguetto, J.M. et al (2000); EMBRAPA (1991)
Triguilho	EMBRAPA (1991); Nunes, R.V et al (2001); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (2000)
Triticale	Andriguetto, J.M. et al (2000); Brum, P.A.R. et al (2000); EMBRAPA (1991); Rostagno, H.S et al (2005)

TABELA 3A. Subprodutos da soja catalogados no trabalho, com suas respectivas fontes de referência.

Farelo de soja alta proteína	Lelis, G.R. et al (2006)
Farelo de soja reintegrada	Café, M.B.; et al (2000); Freitas, E.R. et al (2005)
Farelo de soja texturizada	Rodrigues, P.B et al (2002a)
Farelo de torta de soja solvente	Andriguetto, J.M. et al (2000)
Soja concentrado protéico	Lima, IL et al (1989); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000)
Soja cozida	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Soja extrusada	Café, M.B.; et al (2000); Freitas, E.R. et al (2005); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Zonta, M.C.M. et al (2004)
Soja integral desativada	Freitas, E.R. et al (2005)
Soja grão	Andriguetto, J.M. et al (2000); Lelis, G.R. et al (2006)
Soja integral Jet Sploter	Rodrigues, P.B et al (2002a)
Soja micronizada	Albino, LFT et al (1994); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2002a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Soares, K.R. (2004); Zonta, M.C.M. et al (2004)
Soja torrada	EMBRAPA (1985)
Soja tostada	Albino, LFT et al (1994); Café, M.B.; et al (2000); EMBRAPA (1991); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2002a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Soares, K.R. (2004); Zonta, M.C.M. et al (2004)

TABELA 4A. Alimentos protéicos de origem vegetal catalogados no trabalho, com suas respectivas fontes de referência.

Farelo de algodão	Albino, LFT et al (1994); EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982b); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, HS. et al (2000)
Farelo de amendoim	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982b); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, HS. et al (2000)
Farelo de babaçu	Rostagno, H.S. et al (1987)
Farelo de canola	Brum, P.A.R. et al (2000); D'Agostini, P et al (2004); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000)
Farelo de coco	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, HS. et al (2000); Silva, R.B. et al (2006)
Farelo de colza	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Farelo de girassol	Albino, LFT et al (1994); Freitas, E.R. et al (2004)
Farelo de glúten de milho	Albino, LFT et al (1987); Albino, LFT et al (1989); Andriquetto, J.M. et al (2000); EMBRAPA (1985); Rodrigues, P.B et al (2001); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, HS. et al (2000)
Farinha de glúten de milho	Rostagno, H.S. et al (1987)
Farinha morena	Nunes, R.V et al (2001)
Farelo de mamona	Rostagno, H.S. et al (1987)
Farelo de soja	Albino, LFT et al (1987); Albino, LFT et al (1989); Albino, LFT et al (1992); Albino, LFT et al (1994); EMBRAPA (1983); EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991); Franqueira, J.M. et al (1982b); Kato, R.K. (2005); Nunes, R.V. et al (2005); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2002a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, H.S. et al (1983); Rostagno, H.S. et al (1987); Rostagno, H.S. et al (1992); Rostagno, HS. et al (2000); Soares, K.R. (2004); Zonta, M.C.M. (2004)
Farelo de soja texturizada	Rodrigues, P.B et al (2002a)

...*Continua...*

TABELA 4A. Cont.

Farelo de torta de algodão	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Farelo de torta de amendoim	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Farelo de torta de colza	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Farelo de torta de girassol	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Farelo de torta de soja solvente	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Fermento Dessecado de cerveja	Andrighetto, J.M. et al (2000)
Farelo de soja reintegrado	Café, M.B.; et al (2000); Freitas, E.R. et al (2005)
Farelo de soja alta proteína	Lelis, G.R. et al (2006)
Gérmen de milho	Albino, LFT et al (1994)
Gérmen de trigo	Borges, F.M.O. et al (2003); Nunes, R.V et al (2001); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000)
Glúten de milho	EMBRAPA (1991); Albino, LFT et al (1994)
Levedura de cerveja	Rostagno, H.S et al (2005)
Soja extrusada	Café, M.B.; et al (2000); Freitas, E.R. et al (2005); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Zonta, M.C.M. et al (2004)
Soja tostada	Albino, LFT et al (1994); Café, M.B.; et al (2000); EMBRAPA (1991); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2002a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Soares, K.R. (2004); Zonta, M.C.M. et al (2004)
Soja concentrado protéico	Lima, IL et al (1989); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000)
Soja cozida	EMBRAPA (1985); EMBRAPA (1991)
Soja grão	Andrighetto, J.M. et al (2000); Lelis, G.R. et al (2006)

...*Continua...*

TABELA 4A. Cont.

Soja Integral Jet Sploter	Rodrigues, P.B et al (2002a)
Soja micronizada	Albino, LFT et al (1994); Ost, P.R. (2004); Rodrigues, P.B et al (2002a); Rostagno, H.S et al (2005); Rostagno, HS. et al (2000); Soares, K.R. (2004); Zonta, M.C.M. et al (2004)
Soja torrada	EMBRAPA (1985)
Soja integral desativada	Freitas, E.R. et al (2005)
Torta de linhaça	Andriguetto, J.M. et al (2000)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS UTILIZADAS NA META-ANÁLISE

ALBINO, L. F. T.; BRUM, P. A. R.; FIALHO, F. B.; PAIVA, G. J.; HARA, C. Análise individual versus “pool” de excreta na determinação da energia bruta em ensaio de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 467-473, mar. 1994.

ALBINO, L. F. T.; COELHO, M. G. R.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R. Valores energéticos e de triptofano de alguns alimentos determinados em aves jovens e adultas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 11/12, p. 1301-1306, nov./dez. 1987.

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, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, nov./dez. 1992.

ALBINO, L. F. T.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R.; COELHO, M. G. R. Energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos determinados com galos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1433-1437, dez. 1989.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J. S.; FLEMMING, R.; SOUZA, G. A.; ANDRIGUETTO, J. L.; DUTRA, M. J.; SEIFERT, C. R. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Brasília: Ministério da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária. MAARA, Cromográfica Editora Ltda, Revisão de 2000. p. 152.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; FLEMMING, J. S.; VAN DER VINNE, J. U.; FLEMMING, R.; SOUZA, G. A.; ANDRIGUETTO, J. L.; DUTRA, M. J.; SEIFERT, C. R. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Brasília: Ministério da agricultura, do abastecimento e da reforma agrária. MAARA, Cromográfica Editora Ltda, Revisão de 1996. p. 145.

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 de 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. 2003.

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.

BRUNELLI, S. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; SILVA, C. A.;
CUNHA, G. E.; OLIVEIRA, D. D. Gérmen de milho desengordurado na
alimentação de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE
BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...**
Campo Grande, MS: SBZ, 2004.

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.

CARVALHO, D. C. O.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; OLIVEIRA, J.
E.; VARGAS JR, J. G.; TOLEDO, R. S.; COSTA, C. H. R.; 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, v. 33, n. 2, p. 358-364, mar./abr.
2004.

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, v. 33, n. 1, p. 128-134, jan./fev.
2004.

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. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE
ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p. 796-
798.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro
Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores
energéticos para suínos e aves**. Concórdia: CNPSA, 1983. (Documentos)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 2. ed. Concórdia: CNPSA, 1985. 28 p. (Documentos)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de soja e arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia: CNPSA, 1991. 97 p. (Documentos, n. 19).

FRANQUEIRA, J. M.; SILVA, D. J.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; PARANHOS, J. C. M. Composição química e energia metabolizável determinada em duas idades de frangos de corte de seis alimentos protéicos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1982, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 1982b. p. 5.

FRANQUEIRA, J. M.; SILVA, D. J.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; RESENDE, J. A. A. Composição química e energia metabolizável determinada em duas idades de frangos de corte de cinco alimentos ricos em carboidratos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1982, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 1982a. p. 3.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; NEME, R.; SANTOS, A. L.; Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: SBZ, 2004.

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, v. 34, n. 6, p. 1938-1949, nov./dez. 2005.

KATO, R. K. **Valores de energia metabolizável de ingredientes para frangos de corte em diferentes idades**. 2005. 133 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

LELIS, G. R.; NERY, L. R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; NOBRE JUNIOR, F. M.; SILVA, C. R. **Valores de energia metabolizável de alguns alimentos de origem vegetal para frangos de corte**. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. **Anais...** João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

LIMA, I. L.; SILVA, D. J.; ROSTAGNO, H. S.; TAFURI, M. L. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos determinados com pintos e galos, utilizando duas metodologias. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 18, n. 6, p. 547-556, nov./dez. 1989.

MAZZUCO, H.; LORINI, I.; BRUM, P. A. R.; ZANOTTO, D. L.; BARIONI JR, W.; ÁVILA, V. S. Composição química e energética do milho com diversos níveis de umidade na colheita e diferentes temperaturas de secagem para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2216-2220, nov./dez. 2002a.

MAZZUCO, H.; MIRANDA, M. Z.; MARTINS, R. R.; LUDKE, J. V.; BARIONI JUNIOR, W.; BRUM, P. A. R. Valor energético para frangos de corte de trigo moído ou inteiro colhido com diferentes umidades e submetidos a diferentes temperaturas de secagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: SBZ, 2000.

MAZZUCO, H.; PORTELLA, J. A.; BARIONI JUNIOR, W.; ZANOTTO, D. L.; MIRANDA, M. Z.; AVILA, V. S. Influência do estágio de maturação na colheita e temperatura de secagem de grãos de trigo sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAc) em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2221-2226, nov./dez. 2002b.

NAGATA, A. K. **Valores energéticos de alguns alimentos, determinados com frangos de corte e por equações de predição**. 2003. 35 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 668-677, maio/jun. 2004.

NERY, L. R.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; BRITO, C. O.; SILVA, C. R. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos usados na alimentação de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 7, p. 73, 2005. (Suplemento).

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; TOLEDO, R. S. 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, v. 30, n. 3, p. 785-793, maio/jun. 2001.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; NUNES, C. G. V.; DEBASTIANI, M.; DIONÍZIO, M. A. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 6, p. 123, 2004. Suplemento.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; NUNES, C. G. V.; ROCHA, T. C.; ARAÚJO, M. S.; POZZA, P. C. Composição química e valores energéticos de alimentos protéicos para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, n. 7, p. 129, 2005. Suplemento.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2004. 181 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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, 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, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

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.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1987. 59 p.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A. et al. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1983. 59 p.

ROSTAGNO, H. S.; SILVA, D. J.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SOARES, P. R.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, M. A. **Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos (Tabelas Brasileiras)**. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1992. 61 p.

SILVA, R. B.; FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; LOPES, I. R. V.; CASTROLIMA, R.; ROSA, C. O.; BEZERRA, R. M.; CARNEIRO, K. B. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos alternativos determinados com pintos e galos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa, PB. Anais... João Pessoa, PB: SBZ, 2006.

SOARES, K. R. **Valores energéticos de ingredientes protéicos para frangos de corte na fase pré-inicial**. 2004. 52 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

VIEIRA, R. O. **Composição química e valores energéticos de híbridos de milho para frangos de corte**. 2006. 40 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

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.