

PAULO BORGES RODRIGUES

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS
DE ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
SETEMBRO - 2000

PAULO BORGES RODRIGUES

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS
DE ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES

Tese apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de abril de 2000.

Prof. Ricardo Frederico Euclides

Prof. George Henrique Kling de Moraes

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(Conselheiro)

Prof. Paulo Cezar Gomes
(Conselheiro)

Prof. Horacio Santiago Rostagno
(Orientador)

A Deus Pai, Onipotente,
pela plenitude da vida.

A meu pai (*in memoriam*).

À minha mãe.

À minha esposa e filho.

A meus irmãos, irmãs e familiares.

Ao amigo Wilson Dutra Jr. e família.

“A maior conquista é aquela
em que se sente o prazer
de lutar e vencer”.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização deste curso.

Ao CNPq, pelo período em que concedeu a bolsa de estudos.

Ao Prof. Horacio Santiago Rostagno, pela orientação, pela amizade e pelo apoio durante o curso.

Aos conselheiros e demais professores do Departamento de Zootecnia da UFV, pelo apoio e pelos ensinamentos.

A todos funcionários do Setor de Avicultura e do Laboratório de Nutrição, pela colaboração durante a condução dos experimentos e das análises.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo incentivo.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFLA, Márcio, Suelba e Eliana, e às acadêmicas do curso de Zootecnia, Rosane e Giulianna, pela colaboração na realização das análises químicas.

Ao bolsista Rodrigo Santana Toledo e colegas Ricardo Vianna, Wilson Dutra Jr., Walter Amaral, Carlos Borges, Fernando Guilherme e demais colegas que auxiliaram na condução dos experimentos.

Aos demais colegas dos Programas de Pós-Graduação em níveis de Mestrado e Doutorado, pelo convívio.

À Agribands do Brasil (PURINA), na pessoa de Júlio César de Novaes Miranda (*in memoriam*), Sul Mineira Alimentos S/A, SADIA (Campo Verde/MT), EMBRAPA/CNPMS (Sete Lagoas/MG) e Cia. de Premix COGRAN LTDA, pela doação dos alimentos utilizados neste trabalho.

Às demais pessoas e empresas que prestaram, cordialmente, seus serviços.

A todos que ajudaram, direta ou indiretamente, para que fosse concluído este trabalho.

BIOGRAFIA

PAULO BORGES RODRIGUES, filho de Sebastião Vitor Rodrigues e Diva Borges Rodrigues, é natural de Perdões, Minas Gerais, nascido em 24 de outubro de 1963.

Graduou-se em Zootecnia pela Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, atual Universidade Federal de Lavras - UFLA, em abril de 1992. Nesse mês, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, área de Nutrição de Monogástricos, concluindo-o em 19 de abril de 1995, na Universidade Federal de Lavras - UFLA.

Iniciou o Programa de Doutorado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, pela Universidade Federal de Viçosa, em março de 1996, defendendo tese em 10 de abril de 2000.

Atualmente, faz parte do corpo docente do Departamento de Zootecnia da UFLA, tendo sido concursado em setembro de 1997.

CONTEÚDO

EXTRATO	xi
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Milho, milheto e soja na alimentação das aves	04
2.1.1. Milho	05
2.1.2. Milheto	06
2.1.3. Soja	07
2.2. Utilização de enzimas em dietas de aves	09
2.2.1. Dietas à base de milho e farelo de soja	12
2.3. Composição química dos alimentos	13
2.4. Valores energéticos dos alimentos	15
2.5. Predição dos valores energéticos, em função da composição química dos alimentos	18
2.6. Utilização de aminoácidos digestíveis nas formulações	21
2.7. Predição do conteúdo de aminoácidos dos alimentos por meio da composição química	26

CAPÍTULO 1. DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS DE RAÇÕES FORMULADAS COM VÁRIOS MILHOS, SUPLEMENTADAS OU NÃO COM ENZIMAS	27
1. INTRODUÇÃO	27
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1. Experimento I	30
2.2. Experimento II	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1. Experimento I	39
3.1.1. Desempenho	39
3.1.2. Digestibilidade ileal aparente dos nutrientes e energia digestível ileal	43
3.1.3. Digestibilidade aparente dos nutrientes e valores energéticos das dietas	47
3.2. Experimento II	52
3.2.1. Desempenho	52
3.2.2. Digestibilidade ileal dos nutrientes e energia digestível ileal	55
3.2.3. Digestibilidade aparente dos nutrientes e valores energéticos das dietas	59
4. RESUMO E CONCLUSÕES	62
CAPÍTULO 2. VALORES ENERGÉTICOS DO MILHETO, DO GRÃO DE MILHO E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM PINTOS E GALOS ADULTOS	64
1. INTRODUÇÃO	64
2. MATERIAL E MÉTODOS	66
2.1. Determinação dos valores energéticos pelo método de coleta total de excretas	67
2.2. Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada	71
2.3. Predição dos valores energéticos em função da composição química e física dos alimentos	72

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.1. Composição dos alimentos	73
3.2. Valores energéticos determinados com pintos (coleta total de excretas)	78
3.3. Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada).....	81
3.4. Predição das EMAn e EMVn determinadas com pintos	84
3.5. Predição das EMVn determinadas com galos adultos	89
4. RESUMO E CONCLUSÕES	93
CAPÍTULO 3. VALORES ENERGÉTICOS DA SOJA E DE SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM PINTOS E GALOS ADULTOS	
	95
1. INTRODUÇÃO	95
2. MATERIAL E MÉTODOS	97
2.1. Determinação dos valores energéticos pelo método de coleta total de excretas	99
2.2. Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada	100
2.3. Predição dos valores energéticos em função da composição química e física dos alimentos	101
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	103
3.1. Composição dos alimentos	103
3.2. Valores energéticos determinados com pintos (coleta total de excretas)	108
3.3. Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada)	111
3.4. Predição das EMAn e EMVn determinadas com pintos	114
3.5. Predição das EMVn determinadas com galos adultos	119
4. RESUMO E CONCLUSÕES	123

CAPÍTULO 4. AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DO MILHETO, DO MILHO E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS	125
1. INTRODUÇÃO	125
2. MATERIAL E MÉTODOS	127
2.1. Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros	127
2.2. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros do milho e de subprodutos, em função da composição química dos alimentos	129
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	130
3.1. Composição em aminoácidos totais	130
3.2. Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros	135
3.3. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos	143
4. RESUMO E CONCLUSÕES	150
CAPÍTULO 5. AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DA SOJA E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS	152
1. INTRODUÇÃO	152
2. MATERIAL E MÉTODOS	154
2.1. Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros	154
2.2. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros da soja e de subprodutos, em função da composição química dos alimentos	156
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	158
3.1. Composição em aminoácidos totais	158
3.2. Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros	162
3.3. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos	170

4. RESUMO E CONCLUSÕES	176
5. RESUMO E CONCLUSÕES	178
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	181
APÊNDICES.....	199
APÊNDICE A.....	200
APÊNDICE B.....	204

EXTRATO

RODRIGUES, Paulo Borges, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2000. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves.** Orientador: Horacio Santiago Rostagno. Conselheiros: Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Cezar Gomes.

Vários experimentos foram conduzidos no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com o objetivo de determinar a digestibilidade de nutrientes e os valores energéticos de rações e de alguns alimentos para aves. Em dois experimentos, determinaram-se o desempenho de frangos de corte, a digestibilidade de nutrientes (ileal e excretas) e os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn), de rações formuladas com diferentes milhos, suplementadas ou não com um complexo enzimático (Avizyme 1500[®]). Foram utilizados, em cada experimento, 480 pintos Hubbard machos, com 14 dias de idade, os quais foram criados até 27 dias de idade, período no qual foi avaliado o desempenho. As aves receberam os tratamentos em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis variedades de milho - experimento I, milhos provenientes de seis regiões distintas, e experimento II, suplementados ou não com enzimas, em quatro repetições de 10 aves cada. Cada variedade ou procedência dos milhos foi misturada em uma ração basal na proporção de 63,24%, constituindo as dietas experimentais. O óxido crômico foi adicionado como indicador, na proporção de

0,5%. A partir do 23^o dia, as excretas foram coletadas, sendo acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para análises posteriores. No 28^o dia, todas as aves de cada repetição foram abatidas e o conteúdo de digesta presente nos 30 cm do íleo terminal, anterior à junção íleo-cecal, coletado. As amostras das excretas e da digesta ileal foram, então, processadas e analisadas em matéria seca, nitrogênio, energia bruta e amido, e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores energéticos, determinados por meio do fator de indigestibilidade do óxido crômico. Somente as variedades de milho influenciaram o ganho de peso e a conversão alimentar das aves. As digestibilidades ileal e fecal da maioria dos nutrientes avaliados diferiram entre os milhos, assim como os valores energéticos. Os milhos responderam de forma diferenciada à suplementação enzimática e, de maneira geral, a suplementação melhorou a digestibilidade dos nutrientes e os valores energéticos. Em quatro outros ensaios, determinaram-se os valores de energia metabolizável de 19 alimentos (entre amostras de milhos, subprodutos e milho em um grupo e amostras de soja e subprodutos em outro), utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas, com pintos de 22 dias de idade, e o método 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. Em um primeiro ensaio, foram utilizados 540 e, no outro, 420 pintos Hubbard machos, em que quatro repetições de 10 aves cada receberam as rações experimentais com os alimentos a serem testados. A ração referência foi fornecida a seis repetições e um grupo de quatro repetições de 10 aves foi mantido em jejum por 48 horas, para estimar as perdas endógenas e metabólicas, sendo este período corrigido para os cinco dias de coleta de excretas. Nos outros dois ensaios, cada um dos 19 alimentos foi fornecido a seis galos, sendo a unidade experimental composta por dois galos, os quais receberam 15 g do alimento pela manhã (8 h) e 15 g à tarde (16 h), após terem sofrido um período de jejum de 24 horas, para esvaziamento do trato digestivo. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Os valores energéticos dos milhos e subprodutos e do milho variaram de 1.937 a 4.108 e 2.246 a 4.248 kcal/kg de MS, e os do grupo da soja e

subprodutos, de 2.376 a 4.104 e 2.766 a 4.442 kcal/kg de MS, respectivamente, para EMAn determinada com pintos e energia metabolizável verdadeira corrigida (EMVn) obtida com galos adultos. Os valores de EMVn determinados com galos foram superiores aos de EMAn determinados com pintos. De maneira geral, as equações com duas a quatro variáveis fizeram boas previsões dos valores energéticos, em que, para o grupo do milho, a fibra em detergente neutro (FDN) e matéria mineral (MM) e a FDN, MM e o extrato etéreo (EE) explicaram mais de 95 e 96% das variações nos valores de EMAn e EMVn, determinadas com pintos e galos, respectivamente. No grupo da soja, a fibra bruta e o EE e a proteína bruta, FDA, FDN e o EE explicaram 92,7 e 98,7% da variação na EMAn e EMVn, respectivamente. Para determinar os coeficientes de digestibilidade e o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos testados, outros dois ensaios foram conduzidos com galos adultos cecectomizados, utilizando-se o método de alimentação forçada, seguindo o mesmo procedimento experimental da determinação da EMV com galos. Após obtidos os coeficientes de digestibilidade e calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis de cada alimento, ajustaram-se equações para prever a composição em alguns aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos, em função da composição em proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral. Os coeficientes de digestibilidade variaram entre os aminoácidos de cada alimento e entre os alimentos de cada grupo estudado, mostrando a necessidade do uso de aminoácidos digestíveis nas formulações. As equações de predição contendo a variável PB fizeram boas estimativas do conteúdo dos aminoácidos totais e digestíveis analisados, com valores de R^2 superiores a 91% na maioria das equações.

ABSTRACT

RODRIGUES, Paulo Borges, D.S. Universidade Federal de Viçosa, September 2000. **Nutrient digestibility and energetic values of feedstuffs for poultry.** Adviser: Horacio Santiago Rostagno. Committee Members: Luiz Fernando Teixeira Albino and Paulo Cezar Gomes.

Several trials were conducted at the UFV Animal Science Laboratory, to determine poultry feedstuffs and ration digestibility and energetic values. Nutrients digestibility (ileal and excreta), metabolizable energy (AME) and apparent corrected (AMEn), as well as broilers performance on two distinct corn based formulations supplemented or not with an enzymatic complex (Protease, xylanase and amylase - Avizyme 1500[®]), were tested in two experiments. Performance per trial of 480 male Hubbard of 14 day-old chicks was tested up to 27 days of age. A 6 x 2 factorial design was used with 6 corn varieties - exp. I; and corn from 6 distinct regions - exp. II, supplemented or not with enzymes, and 4 replicates of 10 chicks each. Diets comprised a mixture of each corn variety or origin comprising 63.24% of a basic ration. Chromic oxide was added (0.5%) as a marker. After day 23, excreta was collected in plastic bags and frozen for analyses. On day 28, all birds were slaughtered and terminal ileal content (from a 30 cm section), anterior to the ileo-cecal junction was collected. Dry matter, nitrogen, gross energy and starch were determined. Nutrient digestibility and energy values were determined through the chromic oxide indigestibility factor. Only corn variety influenced weight gain and feed

conversion. Energy values as well as ileal and excreta digestibility differed among corn varieties. Corn responded differently to enzymatic supplementation, which in general, improved nutrient digestibility and energetic values. Metabolizable energy of 19 feedstuffs (various samples of corn and its byproducts and millet in one experimental group and of soybean and its byproducts for the other) were determined throughout four trials using the traditional total excreta sampling technique for 22 day-old chicks and the forced-feeding method for roosters. Data were adjusted to predict energy values for the corn and soybean group feeds, as a function of each group composition. On the first and second trials 540 and 420 male Hubbard chicks were used, respectively. Four replicates of 10 chicks each were used to test the various feedstuffs. A reference ration was fed in 6 replicates for one group and a group of 4 replicates of 10 chicks each was fasted for 48 h to measure endogenous and metabolic losses and this period was adjusted for 5 days excreta collection. On the other two trials, each of the 19 feedstuffs were fed to 6 roosters (two roosters comprised an experimental unit), which received 15 g of feed at 08:00 a.m. and 15 g at 4:00 p.m, after a 24 h fasting period. Simultaneously, 6 roosters were fasted to determine endogenous and metabolic losses. Corn, millet and byproducts energetic values ranged from 1937 to 4108; 2246 to 4248 kcal/kg of DM, and those of the soybean and byproducts group from 2376 to 4104; 2766 to 4442 kcal/kg of DM, respectively, for chick and rooster determined AMEn and TMEn. Rooster-determined TMEn values were superior than chick determined-AMEn. In general, predictions based on either, two or four variable-equations were accurate for energy values, which for the corn group, NDF and MM and NDF, MM and EE explained more than 95 and 96% of rooster-determined TMEn and chick-determined AMEn variation, respectively. On the soybean group, CF and EE and CP, ADF, NDF and EE explained 92.7 and 98.7% of AMEn and TMEn variation, respectively. Two other trials were used to determine the tested feedstuff digestibility coefficient and true digestible amino acid content. Additional two trials were performed with cecectomized roosters, using the force-feeding method, followed by the same experimental procedure used to determine TME with roosters. After obtaining digestibility coefficient and the calculation of digestible amino acid for each feedstuffs, equations were adjusted to predict the composition of a few total and digestible

amino acids, as a function of CP, CF, EE and MM for corn and byproducts and soybean groups. Digestibility coefficients varied among each feedstuffs amino acid studied, underlining the need of using digestible amino acids in formulations. Most equations using CP accurately estimated ($R^2 > 0.91$) total and digestible amino acid content.

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da produção animal é a transformação de alimentos menos palatáveis em alimentos de alto valor nutritivo e apreciados pela maioria da população humana. É evidente que a máxima eficiência econômica e a redução do impacto ambiental, atributos dos modernos sistemas de produção, devem ser consideradas. Imprescindível ainda é considerar a saúde humana, na qual se busca, atualmente, fornecer ao consumidor um produto com alto teor de proteína e baixo de gordura, refletindo em maior valor nutricional. Isto, porém, somente é possível por meio da seleção genética e da melhora no manejo de criação, associadas à nutrição adequada (LOBLEY, 1998).

Diante disso, técnicos ligados à área animal têm dedicado esforços no sentido de maximizar o potencial de retenção dos nutrientes ingeridos pelos animais, direcionando-os principalmente para o crescimento do tecido muscular. Devem-se reconhecer a melhora significativa nos índices zootécnicos alcançados atualmente e o dinâmico crescimento da avicultura brasileira nos últimos anos, com produção atual superior a 4,5 milhões de toneladas de carne de frangos (AVES e OVOS, 1999). Este crescimento, associado a outros fatores, requer da nutrição um tratamento especializado, exigindo pesquisas científicas de grande sensibilidade. Apesar desses avanços, existe enorme potencial a ser explorado, embora novos desafios apareçam a todo momento.

Assim, a constante busca pelos nutricionistas em formular rações mais eficientes e economicamente viáveis aumenta a necessidade de pesquisas concernentes à composição química e aos valores de digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos, resultando em maior eficiência na produção animal. O conhecimento da digestibilidade verdadeira de nutrientes como proteína, amido, energia e aminoácidos, entre outros, permite que estes objetivos almejados na formulação de rações possam ser atingidos. De acordo com ROSTAGNO (1990), a formulação de rações utilizando valores de disponibilidade e, ou, digestibilidade de nutrientes propicia melhor desempenho das aves.

Há de se considerar ainda que o emprego de tecnologias avançadas na agricultura, com melhores correções do solo e uso intensificado de adubos e fertilizantes, além da escolha de cultivares melhoradas geneticamente para maior produtividade e resistentes a variações climáticas e dos solos, de região para região, juntamente com o processamento dos subprodutos, entre outros, pode afetar a composição nutricional dos alimentos utilizados na formulação de rações. Dados de FIALHO et al. (1995) mostraram que a composição química dos alimentos, em particular a fibra bruta, afeta de forma significativa a digestibilidade da proteína e da energia.

Grande enfoque tem sido dado atualmente ao uso de equações de predição e, conforme relatado anteriormente por ROSTAGNO (1990) e posteriormente mencionado por ALBINO (1995), estas equações são de grande valia, uma vez que podem corrigir valores de digestibilidade encontrados em ensaios biológicos, de acordo com as variações na composição química dos alimentos. Segundo ALBINO e SILVA (1996), o estabelecimento de equações de predição, específicas para determinado alimento, é mais indicado, principalmente quando se trata de alimentos ou grupos de alimentos com seus subprodutos, cuja composição química é muito variável.

Também no campo da nutrição, grande destaque tem sido dado atualmente ao uso de enzimas nas formulações avícolas, com o intuito de melhorar a digestibilidade dos nutrientes, incrementando o aproveitamento e a assimilação destes, aumentando, assim, a eficiência de utilização dos nutrientes contidos na ração.

Dessa forma, os objetivos do presente trabalho foram:

- 1) estudar os efeitos da adição de 12 milhos sobre o desempenho e as digestibilidades ileal e fecal de nutrientes para frangos de corte, recebendo rações com e sem adição de um complexo enzimático;
- 2) avaliar a composição química, os valores energéticos, os coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros do milheto, do milho e de subprodutos e da soja e de subprodutos; e
- 3) estimar, a partir dos resultados experimentais obtidos, equações para prever os valores energéticos e o conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos do grupo do milho e da soja.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Milho, milheto e soja na alimentação das aves

A alimentação animal representa fator importante na agroindústria brasileira. Aproximadamente 65% da produção nacional de milho e 40% da oferta do farelo de soja foram consumidos na formulação de rações para os animais no último ano. As aviculturas de corte e postura foram responsáveis por uma demanda de, aproximadamente, 12 milhões e 500 mil toneladas de milho e 4 milhões e 400 mil toneladas de farelo de soja, estimando-se que, para o corrente ano, a demanda de milho supere os 13 milhões de toneladas e a de farelo de soja, os 5 milhões e 600 mil toneladas. A produção nacional de milho foi de, aproximadamente, 32.417,2 t e a de farelo de soja, 15.829 t, sendo 6.469 t destinadas ao consumo interno (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS - ANFAL, 2000). Apesar da constante busca de alimentos alternativos, estes dois ingredientes ainda são considerados os tradicionais nas formulações. Dessa forma, de acordo com FERNANDEZ et al. (1994), a composição química e o valor nutricional destes dois alimentos têm sido alvo de várias pesquisas.

2.1.1. Milho

Quando comparado aos demais cereais, o milho possui valor energético elevado, o que justifica sua utilização nas rações, sendo a principal fonte energética nas formulações. No entanto, os cereais têm estrutura complexa, composta de grande número de células que se encontram rodeadas por paredes celulares, as quais encerram amido, proteína e gordura (TORRES, 1999).

O milho, como principal fonte energética em rações para aves, possui, em média, 3.416 kcal de energia metabolizável/kg (ROSTAGNO et al., 1992), sendo constituído por três partes: pericarpo (5%), endosperma (82%) e gérmen (13%). Suas principais proteínas são a zeína (endosperma) e a gluteína (gérmen), porém é considerado um ingrediente de baixo valor protéico, em função dos baixos teores em aminoácidos essenciais. Em média, o milho possui 72,28% de amido, do qual 98% se encontram no endosperma (FIALHO e BARBOSA, 1997). O amido é um dos nutrientes mais importantes dos cereais, representando entre 55 e 70% do seu peso (Bedford, 1991, citado por TORRES, 1999).

De acordo com SOTO-SALANOVA et al. (1996), normalmente é assumido que o valor energético do milho é constante de lote para lote. Porém, WYATT e BEDFORD (1998) relataram que a digestão dos nutrientes pode ser prejudicada por diversos fatores, não sendo tão constante como se acredita. Segundo esses autores, o grau de diferença de cada partida de um cereal depende não apenas da sua variedade e das condições em que foi plantado, mas também das condições a que foi sujeito durante o processo de fabricação das rações. Pesquisa realizada por LEESON et al. (1993), os quais avaliaram vários lotes de milho de uma mesma safra no ano de 1992, mostrou variabilidade nos valores energéticos (2.926 a 3.474 kcal de EM/kg). Dados citados por SOTO-SALANOVA et al. (1996) também mostraram variações na proteína (4,8 a 10,9%), no óleo (2,2 a 5,5%) e amido (55,8 a 64,2%). Essas observações conduzem, então, à necessidade de mais pesquisas avaliando o valor nutritivo do milho e possíveis variações entre regiões e variedades, bem

como buscar alternativas de reduzir tais variabilidades quanto à digestibilidade dos nutrientes.

2.1.2. Milheto

O milheto (*Pennisetum* spp) é uma forrageira anual de verão, de alto valor nutritivo, podendo ser utilizado para a produção tanto de forragens quanto de grãos. É uma planta que se adapta bem a solos ácidos e de baixa fertilidade, os quais são limitantes para a cultura do milho e sorgo (CAFÉ et al., 1996). Dessa forma, devido ao seu potencial para ser utilizado nas dietas de aves, tem despertado crescente interesse pelos nutricionistas atualmente.

O milheto apresenta elevado teor em proteína bruta e aminoácidos essenciais, bem como alto teor de óleo, comparado ao milho e sorgo, o que torna viável seu uso como um cereal alternativo ao milho nas rações de aves (FANCHER et al., 1987; SMITH et al., 1989; ADEOLA e ROGLER, 1994; RAGLAND et al., 1997; e COLLINS et al., 1997).

Como o cultivo do milheto tem se expandido atualmente na região Centro-Oeste, para obtenção de matéria seca destinada à cobertura vegetal no plantio direto, tem-se observado grande oferta do grão, a custo mais baixo, fazendo deste uma fonte alternativa para reduzir o custo das rações (CAFÉ et al., 1996).

Várias pesquisas foram conduzidas para determinar o valor energético do milheto, cujos valores apresentados na literatura variam de 2.891 a 3.600 kcal de EMAn/kg de MS (FANCHER et al., 1987; ALBINO et al., 1992e; CAFÉ et al., 1996; RAGLAND et al., 1997; e DALE, 1999). ALBINO et al. (1992e), utilizando galos adultos, e RAGLAND et al. (1997), usando patos adultos, obtiveram para o milheto, respectivamente, 3.926 e 3.875 kcal de EMVn/kg de MS.

Pesquisas realizadas no passado, avaliando a utilização do milheto em dietas de frangos de corte (SMITH et al., 1989), patos (ADEOLA e ROGLER, 1994) e poedeiras (COLLINS et al., 1997), mostraram resultados satisfatórios. Recentemente, RODRIGUES et al. (1999a,b) determinaram a EMAn de milheto

e obtiveram um valor de 2.656 kcal/kg de MN, observando também melhores resultados no desempenho de frangos de corte recebendo dietas com níveis mais elevados de inclusão do milho (40%).

Dessa forma, a condução de pesquisas que possibilitem maior conhecimento do valor nutritivo do milho para aves é imprescindível para solidificar ainda mais seu uso como fonte alternativa ao milho nas rações, haja vista os resultados promissores até então obtidos.

2.1.3. Soja

A produção de soja, comparada ao milho é, em peso, quase 40% mais baixa. Por outro lado, seu valor nutritivo, expresso no teor de proteínas, é cerca de 240% mais elevado que o do milho, visto que 3.000 kg de grãos de soja fornecem aproximadamente 1.200 kg de proteína bruta, enquanto 5.000 kg de milho fornecem aproximadamente 500 kg de proteína. Há de se considerar, ainda, que a principal proteína da soja contém todos os aminoácidos essenciais, o que não ocorre com a do milho (AMARAL, 1999).

Assim, a soja, seja na forma de grãos ou farelo, destaca-se como importante matéria-prima na formulação de rações, devido ao seu elevado valor nutritivo. As sementes de soja consistem principalmente de proteína, óleo, carboidratos e minerais. A maioria das variedades de soja contém entre 30 e 45% de proteína, em que os carboidratos possivelmente desempenham importante papel na ligação da água, no aumento do volume e no controle da viscosidade (SOTO-SALANOVA et al., 1996).

O farelo de soja possui excelente balanço em aminoácidos e contém, em média, 45,6% de proteína bruta (ROSTAGNO et al., 1992), sendo considerado alimento padrão, no qual as demais fontes protéicas são comparadas (HERKELMAN e CROMWELL, 1990). De acordo com DALE (1997), vários estudos vêm sendo realizados, visando obter máximo aproveitamento de suas propriedades nutricionais, já que, na maioria das vezes, o farelo de soja é responsável por, aproximadamente, 70% da suplementação protéica nas rações.

Apesar de ser considerado um alimento protéico padrão, o farelo de soja, um subproduto da indústria de processamento do óleo de soja (assim como a soja integral), possui em sua composição substâncias antinutricionais prejudiciais à alimentação dos animais monogástricos. Liener (1980), citado por TORRES (1999), destacou os inibidores de proteases, as hemaglutininas (lectinas) e os fatores goitrogênicos, entre outros, como os fatores antinutricionais da soja, que são termolábeis, e as saponinas, os fatores de flatulência, as lisoalaninas e os alergênicos, como fatores antinutricionais termorresistentes. De acordo com JORGE NETO (1992), os inibidores de proteases (Kunitz e Bowman-birk) são compostos protéicos que se complexam com a tripsina e quimotripsina, prejudicando todo o processo de digestão das proteínas alimentares já desdobradas pela pepsina. Esta complexação normalmente causa hipertrofia do pâncreas. As lectinas (hemaglutininas) são glicoproteínas que possuem a capacidade de se aglutinarem com os eritrócitos. As células do epitélio intestinal, em presença das hemaglutininas, tendem a se unirem, prejudicando a absorção.

Os inibidores de tripsina e as lectinas são os fatores antinutricionais da soja e do farelo mais comumente destacados na literatura. Dados de Hessing et al. (1995), citados por BEDFORD (1998), e, posteriormente, de PENZ JR. (1998) mostraram claramente a variabilidade no conteúdo de substâncias antinutricionais, a qual pode ser responsável, em alguns casos, pela grande variação na resposta de crescimento das aves. De acordo com citações de PACK et al. (1998), pesquisas no Canadá também mostraram grande variação nos níveis de lectinas em farelos de soja processados comercialmente, nos quais se detectou variação de 20 a 40% dos valores normalmente encontrados no grão de soja, mostrando, de certa forma, alguma limitação das atuais técnicas de processamento da soja. Para os referidos autores, o uso de proteases para degradar os inibidores de tripsina e lectinas contidos na soja pode ser muito efetivo para melhorar seu valor nutricional.

O aquecimento ou tratamento térmico é um dos meios de eliminar os fatores antinutricionais dos grãos e do farelo de soja. De acordo com BALLOUN et al. (1953), os níveis de urease, *per si*, não apresentam importância nutricional para os animais monogástricos, mas são uma forma indireta de se medir a eficiência do tratamento térmico empregado, mostrando

influência do processamento nas moléculas protéicas e, conseqüentemente, nos fatores antinutricionais. Por outro lado, o processamento térmico, em excesso, pode afetar o alimento quanto à digestibilidade e disponibilidade de alguns nutrientes (MARTINS, 1995). Conforme relatado por SAKOMURA (1996), a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) tem sido proposta como indicador de excesso no processamento térmico do farelo de soja, mostrando o nível de desnaturação de suas proteínas e o grau de biodisponibilidade dos seus aminoácidos.

Devem-se considerar ainda, entre os fatores antinutricionais dos alimentos, os polissacarídeos estruturais da parede celular, denominados polissacarídeos não-amídicos, cuja digestibilidade é baixa em aves (PUGH, 1995), sendo que o farelo de soja é constituído de mais de 20% em sua composição (SCHUTTE, 1991).

2.2. Utilização de enzimas em dietas de aves

A produção anual de grãos de cereais, legumes e sementes de oleaginosas no mundo é de, aproximadamente, 2 bilhões e 140 milhões de toneladas, respectivamente, associada à estimativa de 230 milhões de toneladas de componentes fibrosos como parte de subprodutos. Aliado a este fato, há por parte das indústrias de criação intensiva o uso ineficiente da fibra dietética contida nestes alimentos (PLUSKE e LINDERMANN, 1998). Além disso, fatores sócio-econômicos e ambientais têm sido combinados na última década, com intuito de melhorar a qualidade dos alimentos e diminuir o desperdício, refletindo em maior interesse de pesquisadores e técnicos, ligados à nutrição animal, em avaliar o uso de enzimas na alimentação de aves (NASCIMENTO, 1998).

Apesar de o uso de enzimas em dietas de aves ser intenso atualmente, de acordo com citações de CANTOR (1995), a história do uso de enzimas iniciou na década de 50, quando pesquisadores descobriram que umidecer determinados grãos de cereais na água antes do fornecimento poderia melhorar o desempenho das aves, o que foi atribuído à liberação de enzimas

endógenas e aperfeiçoado do mesmo modo com preparação de amilase crua. Jensen et al. (1957), citados por JENSEN (1998), também observaram que a substituição do milho por cevada piorou o desempenho das aves, devido à deficiência energética, corrigida pela adição de sebo na dieta. Esta deficiência energética, associada às fezes viscosas e úmidas, indicou ineficiência das enzimas digestivas endógenas das aves em digerir os carboidratos da cevada, sugerindo a suplementação de enzima exógena na dieta. Pesquisas posteriores mostraram, então, segundo o referido autor, que a β -glucanase era a enzima específica que poderia melhorar o desempenho das aves e eliminar problemas de cama ocasionados por dietas à base de cevada. O mesmo foi observado para as arabinoxilanases (pentosanases), que tinham o mesmo efeito sobre o trigo e as dietas à base de centeio (CANTOR, 1995).

De acordo com PENZ JR. (1998), as enzimas digestivas, como a maioria das enzimas, são substratos dependentes. Entretanto, existem aquelas que não são secretadas mesmo na presença do substrato, como é o caso da celulase, pentosanase, β -glucanase, xilanase, fitase e outras, que não são secretadas, devido ao fato de o código genético dos monogástricos não dispor da indicação para sua síntese. Assim, a adição de enzimas exógenas na dieta tem possibilitado superar os efeitos negativos dos constituintes alimentares que não podem ser digeridos naturalmente.

Em pesquisa realizada por ALMIRALL et al. (1995), foi constatado que as aves jovens são mais sensíveis ao aumento na viscosidade intestinal da digesta, cuja atividade enzimática endógena reduziu com o incremento da viscosidade, sendo este efeito amenizado pela adição de enzimas exógenas na dieta, o que melhorou a digestibilidade dos nutrientes. MARSMAN et al. (1997) também observaram melhora na digestibilidade ileal da proteína e polissacarídeos não-amídicos (PNA), quando adicionaram enzimas na dieta. Assim, dos vários benefícios da ação das enzimas exógenas adicionadas às rações de aves, várias pesquisas têm possibilitado destacar seus efeitos sobre a parede celular das fibras, provocando sua ruptura, reduzindo a viscosidade intestinal provocada pelos PNA, eliminando fatores e propriedades antinutricionais e melhorando a digestão do amido e das proteínas e utilização dos nutrientes, associados a alterações na taxa de passagem da digesta e também aos efeitos sobre as características da excreta (CLEOPHAS et al.,

1995; PARTRIDGE e WYATT, 1995; e BEDFORD e MORGAN, 1996).

As dietas de aves baseiam-se tradicionalmente em cereais e farelo de soja. Por razões políticas e econômicas, o uso de alimentos alternativos aumentou nos últimos anos; alguns destes podem substituir parcial ou totalmente aqueles utilizados nas dietas convencionais. No entanto, a presença de fatores antinutricionais e a baixa digestibilidade de alguns nutrientes limitam seus níveis de inclusão na dieta. O conteúdo de PNA nos alimentos de origem vegetal é variável; no milho e trigo, a fração carboidrato é predominantemente amido (aproximadamente 70%), enquanto nos farelos protéicos e subprodutos de cereais predominam os PNA, nos quais o farelo de soja apresenta 27% de PNA e o farelo de trigo, 44% (SCHUTTE, 1991). De acordo com a literatura, o uso de enzimas exógenas na dieta, as quais podem hidrolisar estes PNA, tem possibilitado superar seus efeitos negativos.

A adição de certos PNA na dieta de frangos de corte afeta a habilidade das aves em digerir alguns nutrientes, particularmente do amido, da proteína e gordura (SMITS e ANNISON, 1996). Muitos polissacarídeos, quando dissolvidos em água, originam solução viscosa. A viscosidade é dependente de fatores como tamanho da molécula, se a estrutura é ramificada ou linear, presença de grupos de carga, estruturas adjacentes e concentração. Por interagirem diretamente com as moléculas de água, os PNA aumentam a viscosidade da digesta, podendo reduzir a difusão e o transporte convectivo de lipases, óleos e micelas de sais biliares dentro do conteúdo gastrointestinal. Além disso, a viscosidade pode reduzir a intensidade de contato entre os nutrientes potenciais da dieta (gordura, por exemplo) e as secreções digestivas (como lipases, sais biliares) e prejudicar o transporte para a superfície epitelial, afetando o processo digestivo e absorptivo (SMITS e ANNISON, 1996). A literatura é ampla em trabalhos avaliando o efeito da adição de complexos enzimáticos em rações à base de trigo, centeio, cevada e subprodutos, principalmente destes cereais ricos em PNA, no entanto, o uso de enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja tem sido mais recente.

2.2.1. Dietas à base de milho e farelo de soja

Como a utilização de enzimas nas dietas tinha como objetivo principal a redução da viscosidade da digesta no trato intestinal, pouco interesse foi direcionado ao uso de enzimas para rações à base de milho e farelo de soja, considerados grãos de baixa viscosidade, tendo pouca influência sobre esta. Porém, estudos de NOY e SKLAN (1995) mostraram que a digestibilidade do amido e também da gordura foi relativamente baixa (aproximadamente 85%), em relação às que se consideravam anteriormente (maior que 90%), sugerindo que parte significativa do amido pode atingir o intestino grosso e sofrer degradação fermentativa. De acordo com SOTO-SALANOVA et al. (1996), parece que a digestão do amido de milho (gordura/proteína) pode não ser tão completa em pintos como se pensava. Assim, para melhorar o valor nutritivo das dietas formuladas com cereais de baixa viscosidade, sugere-se, de acordo com Finnfeeds (1991), citado por BORGES (1997), que o uso de complexos multienzimáticos seja mais efetivo, por atuar sobre uma série de polissacarídeos da parede celular dos grãos, levando a maior aproveitamento da dieta por parte das aves. Conforme relatado por SOTO-SALANOVA et al. (1996), apesar de as aplicações de enzimas, para melhorar o valor nutritivo das dietas à base de milho e farelo de soja, estarem ainda em desenvolvimento, a utilização de um complexo multienzimático na dieta pode possibilitar redução nos níveis dietéticos dos nutrientes em até 6%, sem comprometer o desempenho das aves, e apresentar boa relação custo/benefício.

Recentemente, ZANELLA et al. (1999) conduziram vários ensaios, nos quais os autores testaram o efeito da adição de uma mistura de enzimas (amilase, protease e xilanase) sobre a digestibilidade de vários nutrientes, por meio de várias metodologias, e o desempenho de frangos de corte recebendo dietas à base de milho e farelo de soja, suplementadas ou não com o complexo enzimático, reduzindo os níveis dietéticos de nutrientes, quando da adição de enzimas na dieta. Os autores encontraram melhora expressiva na digestibilidade dos nutrientes (proteína, amido, gordura e energia metabolizável), nas diferentes metodologias testadas (alimentação forçada, coleta total de excretas e digesta ileal), concluindo que a suplementação com enzimas permite reduzir o nível energético da dieta, sem afetar o desempenho das aves, e melhorar a digestibilidade de nutrientes. Por outro lado, FREITAS

et al. (1998) não encontraram efeito benéfico da suplementação enzimática em dietas à base de milho/farelo de soja para poedeiras.

2.3. 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 (NATIONAL RESEARCH COUNCIL - 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, esse conselho lançou tabelas sobre composição dos alimentos, periodicamente revisadas (ROSTAGNO et al., 1999). Assim, pela inexistência de dados nacionais, há vários anos, têm-se utilizados os valores de composição de alimentos e as recomendações nutricionais de tabelas publicadas nos Estados Unidos (NRC, 1994; SCOTT et al., 1982) e em outros países (ITCF, 1995; INSTITUT NATIONAL DE LA RESEARCH AGRONOMIQUE - INRA, 1984; RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993; e DEGUSSA, 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 aos nutricionistas brasileiros. Entretanto, a partir da década de 80, houve intenso esforço de pesquisadores,

havendo início da publicação de tabelas brasileiras com composição de alimentos para aves e suínos (ROSTAGNO et al., 1983; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1985), sendo as mesmas atualizadas e reeditadas no início da década de 90 (EMBRAPA, 1991; ROSTAGNO et al., 1992).

Para maior precisão na formulação e no balanceamento das rações, é imprescindível o conhecimento da composição química e dos valores energéticos dos alimentos, bem como suas limitações de uso, ressaltando-se ainda as possíveis variações relacionadas a solos, climas e subprodutos industriais, que podem apresentar grandes variações em sua composição, comprometendo a formulação (ALBINO e SILVA, 1996).

Assim, vários trabalhos têm sido 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 (ROSTAGNO, 1990; ALBINO, 1991; PUPA, 1995; AZEVEDO, 1996; FISCHER JR. et al., 1998b; e NUNES, 1999).

De acordo com AZEVEDO (1996), a diversidade de alimentos e seus subprodutos utilizados na formulação de rações para aves é indicativo da necessidade de se conhecerem, cada vez mais, os seus valores nutritivos e energéticos, objetivando melhor aproveitamento e utilização de forma mais racional, sendo que a precisão dos valores de composição química, energética e digestibilidade de nutrientes, além de necessária, é primordial na busca da redução dos custos e de melhor produtividade.

Em estudos conduzidos por ALBINO (1991), nos quais se compararam a composição química e os níveis energéticos de diversos alimentos, observou-se grande variação dos valores de subprodutos de origem animal, que, segundo o autor, pode ser atribuída aos diferentes métodos de processamento e à falta de padronização dos produtos nacionais. Segundo DALE (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento, além daquelas provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e disponíveis para a indústria de rações e de novos subprodutos, são inevitáveis. O referido autor destaca a tabela *Feedstuffs* de composição dos alimentos, a qual é publicada anualmente, mostrando a necessidade de atualização nas

avaliações dos alimentos. No entanto, as tabelas estrangeiras, sob certos aspectos, na maioria das vezes, não podem ser aplicadas nas condições brasileiras, levando à necessidade de constante busca de atualização das tabelas brasileiras, com maior número de informações sobre o valor nutricional dos alimentos.

2.4. Valores energéticos dos alimentos

A energia presente nos alimentos - um produto resultante da transformação dos nutrientes durante o metabolismo - é um dos fatores mais importantes a ser considerado na nutrição animal. 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., 1998a). 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 pelo metabolismo. Segundo ALBINO et al. (1992a), para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos mais importantes é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, pois possibilita fornecimento adequado de energia para as aves.

Entre os vários métodos comumente utilizados na determinação dos valores energéticos dos alimentos para aves, ALBINO e SILVA (1996) citam o tradicional de coleta total de excretas (SIBBALD e SLINGER, 1963), o da alimentação precisa (SIBBALD, 1976a) e o método rápido de FARREL (1978), destacando também o uso de equações de predição, as quais 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 consumida, menos a energia bruta excretada. Como as aves excretam fezes e urina juntos, não é usual o emprego 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.

De acordo com LIMA et al. (1989), nas décadas de 70 e 80, a energia contida nos alimentos para aves foi medida e expressa em termos de EMA, sendo que, em 1976, Sibbald desenvolveu modificações na metodologia empregada, de forma a corrigir a energia excretada, considerando as energias fecal metabólica e urinária endógena obtidas com aves mantidas em jejum, sendo então denominada de EMV.

Várias pesquisas foram realizadas para comparar as metodologias utilizadas na determinação dos valores energéticos dos alimentos (HAN et al., 1976; SIBBALD, 1976b; DALE e FULLER, 1980; LIMA et al., 1989; e ALBINO et al., 1992b) e avaliar a influência da idade da ave utilizada nos ensaios (SIBBALD, 1978; SHIRES et al., 1980; e ZELENKA, 1997) e a correção dos valores energéticos por meio do balanço de nitrogênio (SIBBALD, 1981; MUZTAR e SLINGER, 1981; PARSONS et al., 1982; e DALE e FULLER, 1984).

Nos ensaios biológicos para determinação dos valores energéticos dos alimentos, o balanço de nitrogênio pode ser positivo ou negativo. A retenção de nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, entre 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 a EMAn e EMVn. HILL e ANDERSON (1958) propuseram um valor de correção de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido, em razão desta ser a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado. WOLYNETZ e 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 e FULLER (1984) observaram relação positiva entre o conteúdo de proteína dos alimentos e a magnitude de diferença entre os valores de EMV e EMVn determinados.

Os valores de EMA (ou EMAn) dos alimentos são amplamente utilizados nas pesquisas e formulações de rações pelos nutricionistas. Porém, existem variações nestes valores utilizados e recomendados por diferentes laboratórios. Em experimento conduzido por GUILLAUME e SUMMERS (1970), foi demonstrado que os valores energéticos determinados com galos adultos foram profundamente afetados pelo consumo de alimentos, cujos valores obtidos foram menores, à medida que se reduziu o consumo; este efeito foi atribuído às perdas de energia endógena. Segundo SIBBALD (1975), o consumo influencia diretamente as perdas de energia fecal metabólica e urinária endógena. Posteriormente, SIBBALD (1976a) sugeriu o uso de aves em jejum para estimar as perdas endógenas, no ensaio de alimentação precisa com galos adultos, determinando-se os valores de EMV e EMVn.

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 e 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 (EMA_n). 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 EM com correção parecem mais precisos que os de EMV. ALBINO et al. (1992b), quando avaliaram rações formuladas com valores de EMAn e EMVn determinados com pintos e galos, mostraram que os valores determinados com pintos se ajustaram 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.

2.5. Predição dos valores energéticos, em função da composição química dos alimentos

A determinação dos valores de energia metabolizável dos alimentos é de suma importância, por ser a forma mais utilizada no cálculo de rações para

aves. A precisão destes valores está diretamente relacionada com o método de determinação dos valores energéticos, sendo considerada fator imprescindível nas formulações (ALBINO, 1991). No entanto, conforme citado por ROSTAGNO (1990), a determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica, que nem sempre estão disponíveis para as indústrias de ração do país. Nesse caso, as equações de predição podem ser de grande valia. Há vários anos, a possibilidade de se utilizarem equações para predizer os valores energéticos dos alimentos tem sido alvo de pesquisas, nas quais vários pesquisadores têm desenvolvido equações para estimar a energia metabolizável por meio de sua composição proximal (NRC, 1994).

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, as tentativas de se relacionar composição química e energia não têm tido sucesso e, às vezes, muitas equações aparentemente boas não respondem satisfatoriamente, quando testadas com dados independentes; além disso, a variabilidade das técnicas analíticas pode estar contribuindo para este fato.

Avaliando a composição química e os valores de energia metabolizável determinados de 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 EMn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, por intermédio de regressões múltiplas, PESTI et al. (1986) observaram melhores ajustes ($R^2 = 0,90$), 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 Européia 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 difere da média apresentada, as equações estimadas podem levar à predição de resultados diferentes.

Determinando equações para prever a EMAn de óleos e gorduras, HUYGHEBAERT et al. (1988) notaram bons ajustes, quando utilizaram parâmetros químicos simples ou combinados em regressão múltipla. Segundo DALE et al. (1990), as equações de predição desenvolvidas, embora descrevam a relação entre a composição proximal e os valores de EMVn de um grupo inicial de amostras, não podem, necessariamente, ser seguramente úteis em prever a EMVn de amostras futuras, sendo necessário testar a confiabilidade da estimativa. Assim, testando novas amostras, esses autores observaram que a variação da EMVn pelas equações preditas foi menor que a daquelas determinadas.

DOLZ e 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. (1993), citados por AZEVEDO (1996), analisaram a composição química e os valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de quatro países diferentes, e elaboraram equações para prever 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 incluíram extrato etéreo e matéria mineral.

Também fundamentado nos valores analisados de proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, proteína digestível em pepsina a 0,2 e a 0,02%, AZEVEDO (1996) obteve equações de predição dos valores de EMA e EMAn da farinha de carne e ossos. Esse autor constatou que, quando se exclui a variável proteína bruta, o valor do coeficiente de determinação é reduzido em

aproximadamente 0,12. Observou ainda que a melhor equação foi obtida com os valores de proteína bruta e proteína digestível em pepsina a 0,02%.

Recentemente, NUNES (1999) estimou equações para prever o conteúdo energético (EMA e EMAn) do grão de trigo e alguns subprodutos, observando que a equação composta pela proteína bruta e fibra em detergente neutro foi a que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMAn. 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. Sem dúvida, de acordo com ALBINO e SILVA (1996), 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. Apesar de sua utilidade, o NRC (1994) atenta para o fato de que nenhum estudo compara as equações estimadas com valores determinados posteriormente.

2.6. Utilização de aminoácidos digestíveis nas formulações

O objetivo principal do nutricionista é maximizar a produtividade, com maior eficiência na produção. Considerando que a alimentação representa a maior parte dos custos na produção avícola, medidas para reduzir estes custos podem significar lucro para o setor. Hoje, já é realidade que a composição em aminoácidos e os valores utilizados nas formulações devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis, e não mais em aminoácidos totais (ROSTAGNO et al., 1999). Assim, o interesse pela disponibilidade ou digestibilidade dos aminoácidos tem crescido nos últimos anos, uma vez que é bem conhecida a importância de se considerar a digestibilidade na formulação de rações. Sabe-se também que as quantidades de aminoácidos digestíveis, na maioria dos alimentos, são substancialmente menores que a quantidade total. Assim, o desenvolvimento de ensaios de digestibilidade mais rápidos, ou o aperfeiçoamento daqueles já existentes, tornou possível a condução de mais pesquisas relacionadas ao assunto (PARSONS, 1996).

Por muitos anos, as dietas de aves foram formuladas à base de proteína bruta. Segundo ALBINO et al. (1992c), as fontes protéicas são

responsáveis por, aproximadamente, 25% do custo em rações práticas. No entanto, o valor nutritivo de uma proteína não depende somente do seu aporte em aminoácidos essenciais, mas também da digestibilidade ou disponibilidade biológica dos mesmos (ROSTAGNO e FEATHERSTON, 1977). Na maioria das vezes, os termos digestibilidade e disponibilidade são empregados como sinônimos. A disponibilidade, porém, refere-se à proporção do aminoácido total que é digerido e absorvido em forma adequada para síntese protéica. No entanto, é possível que o aminoácido seja digerido (digestibilidade) em formas que não estejam disponíveis para utilização (BATTERHAM, 1992). De acordo com BELLAVER (1994), o termo digestibilidade tem sido empregado para medir o desaparecimento do nutriente pela passagem por intermédio do trato digestivo.

De acordo com ROSTAGNO (1990), ao se formularem rações com alimentos alternativos ao milho e farelo de soja, é necessário aplicar correções referentes à digestibilidade dos aminoácidos. Assim, conforme PARSONS (1991), os nutricionistas têm incorporado o conceito de digestibilidade de aminoácidos na formulação prática de rações, e a continuidade de pesquisas relacionadas ao assunto poderá facilitar e melhorar esta prática no futuro. Conforme mencionado por SCHEUERMANN e BELLAVER (1995), quando são utilizados alimentos alternativos, a formulação com base em aminoácidos digestíveis traz maiores benefícios, devendo-se à diferença de digestibilidade entre os aminoácidos dos diversos ingredientes.

Dessa forma, devido ao crescente interesse pela determinação dos valores de digestibilidade dos aminoácidos contidos nos vários alimentos e à formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis, vários estudos foram realizados ao longo dos anos, com o objetivo de avaliar a melhor metodologia a ser empregada em ensaios de digestibilidade (HARTEL, 1986; SIBBALD, 1986; ANGKANAPORN et al., 1997; SCOTT et al., 1998; e ZANELLA, 1998).

Os métodos utilizados para determinar a disponibilidade e, ou, a digestibilidade dos aminoácidos são importantes para os nutricionistas e válidos para prever a resposta de produção. PARSONS (1991) descreveu uma revisão sobre métodos *in vitro*, que podem ser eficientes na predição da digestibilidade *in vivo* dos aminoácidos de um alimento, descrevendo

correlações significativas entre os métodos empregados *in vitro* e os valores de digestibilidade obtidos *in vivo*.

PARSONS (1996), comparando os valores dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos determinados com galos cecectomizados com aqueles de disponibilidade determinados pelo método do ensaio de crescimento, verificou que os resultados de digestibilidade foram similares, quando se compararam alimentos de alta qualidade. Porém, para alimentos de baixa qualidade, os valores de digestibilidade foram superiores aos de disponibilidade.

Um dos métodos empregados na determinação da digestibilidade dos aminoácidos de alimentos e rações é o da coleta de digesta ileal. Este método se baseia no fato de que os aminoácidos são absorvidos no intestino delgado e as proteínas residuais, os peptídeos e os aminoácidos não-digeridos, desdobrados por microorganismos no intestino grosso, absorvidos como amônia, aminas ou amidas, porém não são utilizados na síntese protéica (ROSTAGNO et al., 1999). Um dos inconvenientes deste método é, segundo ANGKANAPORN et al. (1997), a necessidade de sacrificar as aves utilizadas no ensaio para coleta da digesta ileal. No entanto, os métodos com base na análise da digesta ileal têm sido comumente utilizados para determinar a digestibilidade de nutrientes (MARSMAN et al., 1997; BEDFORD et al., 1998).

Outro ponto também muito questionado é a quantidade de amostra a ser coletada no íleo terminal. Segundo KADIM e MOUGHAN (1997), uma amostragem de 15 cm é suficiente para efetuar as análises. Contudo, em trabalho recente, ZANELLA (1998) utilizou a amostragem em 30 cm entre a junção íleo-cecal e o divertículo de Meckel's, garantindo maior quantidade de material para análises. SCOTT et al. (1998) ressaltaram a viabilidade do uso da formação do "pool" de amostras das repetições, o que assegura maior quantidade de material para análise.

A utilização de galos cecectomizados na determinação da digestibilidade dos aminoácidos contidos nos alimentos é, atualmente, o método mais comum. No passado, SIBBALD (1979) observou que a metodologia básica utilizada na determinação de EMV (SIBBALD, 1976a) poderia ser aplicada na determinação da digestibilidade dos aminoácidos, concluindo que este ensaio possibilita obter, ao mesmo tempo, informações

sobre valores energéticos e digestibilidade de aminoácidos em determinado alimento, reduzindo o tempo e o custo de obtenção.

Em sua revisão sobre as estimativas de digestibilidade dos aminoácidos nos alimentos, PAPADOPOLUS (1985) comentou sobre a aplicação dos métodos até então utilizados e suas possíveis limitações. De acordo com esse autor, o método fecal parece ser o critério mais prático em determinações de digestibilidade de aminoácidos, sendo o método da EMV, modificado, o mais simples, rápido e de baixo custo.

Independente da técnica utilizada, pode-se notar que um ponto muito questionado na literatura é o efeito da flora microbiana intestinal (particularmente dos cecos, nas aves) sobre a digestibilidade dos aminoácidos. Dessa forma, PARSONS (1985) avaliou a influência da cecectomia sobre a digestibilidade dos aminoácidos em resíduos de destilaria, comparada ao método convencional com galos intactos, e observou que os resultados obtidos com galos intactos foram significativamente maiores, podendo superestimar os valores de digestibilidade.

Em trabalho posterior, PARSONS (1986) determinou a digestibilidade e a disponibilidade de aminoácidos da farinha de carne, utilizando galos intactos e cecectomizados para determinar a digestibilidade de pintos em crescimento para a disponibilidade. Esse autor observou que o uso de galos intactos superestimou os valores de digestibilidade e que os valores determinados com aves cecectomizadas foram coerentes com os valores de disponibilidade determinados no ensaio com pintos em crescimento.

Em revisão sobre as aplicações da digestibilidade de aminoácidos para aves, JOHNSON (1992) relatou que o efeito dos cecos sobre a digestibilidade é dependente do alimento a ser avaliado, confirmando que o uso de aves intactas pode resultar em superestimação dos valores, justificando, assim, o uso de aves cecectomizadas para medir a digestibilidade por intermédio da análise das excretas, sendo tal fato também relatado por JACKSON e DALIBARD (1995). De acordo com McNAB (1994), alguns pesquisadores preferem estimar e descrever a digestibilidade dos aminoácidos na forma de aminoácidos digestíveis verdadeiros, nos quais se utilizam aves em jejum para determinar as perdas endógenas e metabólicas. Porém, tal procedimento parece subestimar os valores para alguns alimentos. PARSONS et al. (1982)

constataram que a excreção dos aminoácidos dos galos em jejum é menor que a dos animais alimentados com dietas contendo grande quantidade de carboidratos pouco digestíveis. Caso o alimento a ser analisado contenha níveis baixos de aminoácidos, a subestimação do endógeno pode ser expressiva nos valores de digestibilidade.

Muitos fatores podem ainda influenciar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos. Recentemente, Borges (1999), citado por ROSTAGNO et al. (1999), mostrou que o consumo de alimento (25 x 50 g) por intermédio de metodologia da alimentação precisa afeta a digestibilidade dos aminoácidos, com menores valores observados para as aves que receberam menor quantidade de alimento. Também a concentração de proteína da dieta influenciou os valores de aminoácidos digestíveis, conforme descrito por ANGKANAPORN et al. (1997), os quais concluíram que o conteúdo dietético de proteína pode explicar a variação no conteúdo de aminoácidos digestíveis dos alimentos. A fibra e a presença de fatores antinutricionais são destacadas por ROSTAGNO et al. (1999) como fatores que podem afetar os coeficientes de digestibilidade.

Apesar das constantes pesquisas conduzidas para determinar a digestibilidade dos aminoácidos nos alimentos, os trabalhos para testar sua aplicabilidade em condições práticas ainda são escassos (JOHNSON, 1992). A exigência das aves em termos de aminoácidos digestíveis tem sido estabelecida. De acordo com PARSONS (1991), é possível estimar estas exigências a partir das pesquisas sobre exigências em aminoácidos totais, publicadas na literatura. Conforme descrito pelo referido autor, as exigências em aminoácidos digestíveis são de, aproximadamente, 8 a 10% da exigência em aminoácidos totais.

Avaliando a formulação de dietas com vários níveis de inclusão de farelo de algodão, FERNANDEZ et al. (1995) observaram que aves recebendo dietas com até 20% de inclusão tiveram desempenho semelhante àquelas que receberam uma dieta basal milho-farelo de soja, formuladas com base em aminoácidos digestíveis. Esses autores notaram que os valores de digestibilidade dos aminoácidos nos alimentos, determinados com galos cecectomizados, foram correspondentes aos valores de digestibilidade da dieta, determinados com pintos.

ROSTAGNO et al. (1995) concluíram que a formulação de dietas com igual conteúdo de lisina e aminoácidos sulfurosos digestíveis para frangos de corte possibilita melhor predição da qualidade da proteína dietética e desempenho das aves, quando comparadas a dietas à base de aminoácidos totais, além de oferecer a alternativa de usar alimentos mais baratos na formulação, com adequada suplementação de aminoácidos cristalinos, e também benefícios econômicos na produção de carne de frango. Os benefícios da formulação de dietas com base em proteína digestível ou aminoácidos disponíveis já haviam sido relatados por ALBINO et al. (1992d), quando trabalharam com pintos de 1 a 21 dias de idade.

DOUGLAS e PARSONS (1999) utilizaram a farinha de aves de descarte na ração de frangos de corte e destacaram que o uso dos aminoácidos digestíveis na formulação é superior à formulação baseada em aminoácidos totais, reforçando a hipótese de ROSTAGNO (1990) de que o uso de alimentos não-convencionais é melhor empregado, quando se formulam as rações com base nos aminoácidos digestíveis.

2.7. Predição do conteúdo de aminoácidos dos alimentos por meio da composição química

Muitos fatores influenciam a composição em aminoácidos de grãos e alimentos protéicos. Assim, como ocorre para os valores de energia metabolizável, várias pesquisas têm sido realizadas para determinar as variações no conteúdo de aminoácidos dos ingredientes, em função de sua composição proximal, especialmente da proteína bruta. O NRC (1994) apresenta uma série de equações lineares que podem ser utilizadas para estimar o conteúdo de aminoácidos dos alimentos, em função da proteína bruta. São também apresentadas equações que possibilitam estimar os aminoácidos a partir da composição proximal (proteína bruta, umidade, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas).

Recentemente, NUNES (1999) estimou equações para predizer o conteúdo de alguns aminoácidos essenciais do trigo e subprodutos, obtendo bons ajustes ($R^2 \geq 0,93$), quando utilizou os valores de proteína bruta, extrato

etéreo e fibra detergente neutro no modelo. Entretanto, é ainda necessário maior número de pesquisas que solidifiquem os resultados obtidos com as equações de predição, as quais têm se tornado de grande utilidade na estimativa do conteúdo de aminoácidos dos alimentos, cuja análise laboratorial é onerosa.

CAPÍTULO 1

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS DE RAÇÕES FORMULADAS COM VÁRIOS MILHOS, SUPLEMENTADAS OU NÃO COM ENZIMAS

1. INTRODUÇÃO

No campo da produção animal, o progresso da indústria avícola tem sido de relevada significância. Entre os vários fatores que contribuem para esta finalidade, a nutrição tem desempenhado importante papel, com intensa busca de melhora no aproveitamento dos nutrientes da dieta.

De acordo com PLUSKE e LINDERMANN (1998), a produção anual de grãos de cereais, legumes e sementes de oleaginosas no mundo é de, aproximadamente, 2 bilhões e 140 milhões de toneladas, associada à estimativa de 230 milhões de toneladas de componentes fibrosos como parte de subprodutos. Segundo dados recentes (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS - ANFAL, 2000), 65% da produção nacional de milho e 40% da oferta de farelo de soja são consumidos na alimentação animal.

Apesar da constante busca por alimentos alternativos, as rações de aves ainda são formuladas basicamente com o milho e farelo de soja. No entanto, o farelo de soja apresenta em sua composição constituintes não-digeridos pelas aves, ou com digestão incompleta, os quais são denominados de polissacarídeos não-amídicos (ZANELLA, 1998). De acordo com CANTOR (1995), o farelo de soja apresenta 20% de polissacarídeos não-amídicos, com digestibilidade praticamente nula. Além disso, os inibidores de tripsina e as

lectinas são os fatores antinutricionais da soja e do farelo mais comumente destacados na literatura. Dados de Hessing et al. (1995), citados por BEDFORD (1998) e, posteriormente, por PENZ JR. (1998), mostraram claramente a variabilidade no conteúdo de substâncias antinutricionais, sugerindo que esta variabilidade pode ser responsável, em alguns casos, pela grande variação na resposta de crescimento das aves.

Além disso, resultados apresentados por LEESON et al. (1993) mostraram haver variação no conteúdo energético de diferentes partidas de milho, na safra de 1992. Posteriormente, SOTO-SALANOVA et al. (1996) citaram resultados que mostraram variações entre nutrientes de diferentes lotes de milho. De acordo com BEDFORD (1998), tanto o farelo de soja como o milho são ingredientes variáveis, cuja variabilidade é difícil de prever com as tecnologias atuais.

Por outro lado, foi considerado que, geralmente, a digestibilidade dos nutrientes do milho (particularmente o amido) é relativamente alta. Estudos de NOY e SKLAN (1995), no entanto, mostraram que a digestibilidade do amido (e também da gordura) foi relativamente baixa em relação às consideradas anteriormente. No intuito de melhorar o valor nutritivo das dietas à base de milho e farelo de soja, já havia sido sugerido no início da década de 90 (Finnfeeds, 1991, citado por BORGES, 1997) o uso de complexos enzimáticos. Dessa forma, com o objetivo de melhorar o desempenho das aves, a utilização de enzimas nas dietas avícolas tem sido uma alternativa crescente, uma vez que o emprego das enzimas exógenas em dietas à base de cevada, no passado, estimulou seu uso nas rações, procurando melhorar a digestibilidade dos nutrientes.

Assim, o uso de enzimas que sejam capazes de neutralizar os fatores antinutricionais da soja, degradando os inibidores de tripsina e lectinas e os polissacarídeos não-amídicos, e mesmo auxiliar na digestão do amido, bem como reduzir a variabilidade em dietas à base de milho, pode resultar em melhor qualidade nutricional da dieta e desempenho animal mais uniforme (WYATT e BEDFORD, 1998). O objetivo deste trabalho, portanto, foi avaliar a utilização de alguns milhos na formulação das dietas e os efeitos da adição de um complexo enzimático (protease, amilase e xilanase), em dietas à base de

milho e farelo de soja, sobre a digestibilidade de nutrientes, os valores energéticos e o desempenho de frangos de corte aos 28 dias de idade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram conduzidos no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), nos períodos de 19/06/1997 a 17/07/1997 e 10/11/1997 a 07/12/1997. Em ambos os experimentos, as aves foram criadas em galpão de alvenaria no Setor de Avicultura do DZO, até a idade de 14 dias, período no qual receberam uma ração inicial de frangos de corte à base de milho e farelo de soja. Após esse período, as aves foram pesadas e transferidas para baterias dispostas em uma sala de 80 m², com 4,0 m de pé direito e janelas de vidro, recebendo luz natural e, ou, artificial por 24 horas. As aves foram distribuídas aleatoriamente aos boxes das baterias, onde receberam os tratamentos experimentais.

2.1. Experimento I

Foram utilizados 480 pintos Hubbard machos, com 14 dias de idade e peso médio de $301,5 \pm 3,6$ g. As temperaturas, mínima e máxima, médias registradas durante o período experimental foram de $21,4 \pm 1,4^{\circ}\text{C}$ e $25,3 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Os tratamentos foram distribuídos em um esquema fatorial 6 x 2, sendo as dietas formuladas com seis variedades distintas de milho (Agrocere,

Braskalb, Cargil, Cati, Embrapa e Santa Helena, designadas como variedades 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente), sem ou com suplementação de um complexo enzimático (Avizyme 1.500[®], com 300 U de xilanase/g, 400 U de amilase/g e 4.000 U de protease/g), com quatro repetições de 10 aves cada. As variedades de milho, cuja composição em matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE) e amido está apresentada no Quadro 1, foram misturadas com uma ração basal em quantidades equivalentes a 63,24% de milho e 36,76% da ração basal, constituindo assim as seis dietas experimentais (Quadro 2), às quais se adicionou ou não o complexo enzimático, na proporção de 1 kg/t.

Quadro 1 - Composição dos milhos de diferentes variedades

	Composição ¹				
	MS (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	EE (%)	Amido (%)
Variedade 1	84,27	7,70	3899	4,05	60,40
Variedade 2	85,50	9,87	4008	3,71	54,33
Variedade 3	84,04	7,31	3819	3,01	58,55
Variedade 4	84,21	7,04	3894	3,83	59,36
Variedade 5	84,35	7,44	3860	3,72	57,27
Variedade 6	84,97	8,34	3907	3,81	57,56

¹Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

Quadro 2 - Composição das dietas experimentais com diferentes variedades de milho

	Dietas experimentais					
	1	2	3	4	5	6
Milhos 1 a 6 (%)	63,24	63,2	63,24	63,24	63,24	63,24
Ração basal (%)	36,76	36,7	36,76	36,76	36,76	36,76
Composição calculada por meio da análise do milho e da ração basal						
MS (%)	86,16	86,93	86,01	86,12	86,21	86,60
EB (kcal/kg)	4075	4143	4024	4071	4049	4080
Prot. bruta (%)	19,60	20,97	19,35	19,18	19,43	20,00
Ext. etéreo (%)	6,09	5,88	5,44	5,95	5,88	5,94
Amido (%)	41,58	37,71	40,40	40,92	39,59	39,77
EM (kcal/kg) ¹	3085	3085	3085	3085	3085	3085

¹Considerando os milhos com 3.416 kcal de EM/kg (ROSTAGNO et al., 1992).

A ração basal foi calculada para conter 0,89% de cálcio, 0,44% de fósforo disponível, 1,05% de lisina, 0,882% de metionina + cistina e 0,20% de sódio. A composição centesimal e determinada da ração basal encontra-se no Quadro 3. O óxido crômico foi utilizado como indicador na ração para determinação dos valores de digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável, em uma concentração de 0,5% nas dietas experimentais.

Quadro 3 - Composição centesimal e determinada da ração basal

Ingredientes	(%)
Farelo de soja	77,530
Farinha de carne e ossos	8,161
Gordura de aves	6,801
Fosfato bicálcico	1,904
Calcário	1,360
Sal	0,952
DL-Metionina	0,544
L-Lisina HCL	0,163
Premix vitamínico ¹	0,272
Premix mineral ²	0,136
Cloreto de colina	0,163
Anticoccidiano ³	0,190
Promotor de crescimento ⁴	0,041
Óxido crômico	1,360
Amido	0,396
Antioxidante ⁵	0,027
Composição	
Matéria seca (%) ⁶	89,40
Energia bruta (kcal/kg) ⁶	4376
Proteína bruta (%) ⁶	40,07
Extrato etéreo (%) ⁶	9,60
Amido (%) ⁶	8,55
Energia metabolizável calculada (kcal/kg)	2515

¹ Contendo: Vit. A - 15.000.000 UI; Vit. D₃ - 1.500.000 UI; Vit E - 15.000 UI; Vit B₁ - 2,0 g; Vit B₂ - 4,0 g; Vit B₆ - 3,0 g; Vit B₁₂ - 0,015 g; Ácido nicotínico - 25,0 g; Ác. Pantotênico - 10,0 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. Fólico -1,0 g; Bacitracina de zinco - 10,0 g; Selênio - 0,25 g; antioxidante - 10,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

² Contendo: Manganês - 80 g; Ferro - 80 g; Zinco - 50 g; Cobre - 10 g; Cobalto - 2 g; Iodo - 1 g e veículo q.s.p. - 500 g.

³ Monensina sódica 20%.

⁴ Virginiamicina 2%.

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

⁶ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

As aves receberam ração e água à vontade durante o período experimental e, a partir do 23^o dia, iniciou-se a coleta total de excretas, a qual foi realizada duas vezes ao dia (8 e 16 h), para evitar fermentação. As excretas foram acondicionadas em sacos plásticos, que foram identificados e colocados em freezer até o final da coleta. As amostras foram, então, homogeneizadas e retiradas as alíquotas para análises, passando por pré-secagem, em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Determinou-se o conteúdo de MS, N, EB e EE, de acordo com SILVA (1990), e amido, por método enzimático, conforme a metodologia descrita no Technical Bulletin SAB-1, SIGMA CHEMICAL COMPANY (1995). Ao final do 27^o dia, foi avaliado o desempenho das aves no período experimental (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar).

No 28^o dia, todas as aves de cada repetição foram abatidas para coleta da digesta ileal, sendo abertas na cavidade abdominal e amostrando-se 30 cm da porção do íleo terminal, anterior à junção íleo-cecal. A digesta ileal das aves de cada repetição foi reunida para formação da amostra de cada tratamento, em que o conteúdo presente no segmento amostrado foi totalmente retirado por pressionamento com os dedos indicador e polegar. Tal procedimento garante que quantidade ideal de amostra seja obtida para as devidas análises.

Constantemente, as aves que permaneciam nas gaiolas eram estimuladas ao consumo, para evitar esvaziamento do trato digestivo, o que prejudicaria o procedimento de coleta da digesta. As amostras da digesta ileal foram então secas em estufa ventilada a 55°C, por 72 horas, e realizadas as análises laboratoriais semelhantes às das excretas. Os cálculos da digestibilidade dos nutrientes (ileal e pelo método de coleta total de excretas) foram realizados por intermédio do fator de indigestibilidade do cromo, usado como indicador pelas fórmulas:

Fator de indigestibilidade no íleo ou excretas (FI):

$FI = \frac{[Cr] \text{ na ração}}{[Cr] \text{ amostra (ileal ou excreta)}}$, em que [Cr] é a concentração de cromo

Digestibilidade dos nutrientes (DIG):

$\% \text{ do nutriente na dieta} - (\% \text{ do nutriente na digesta ileal ou excretas} \times FI)$

$$\text{DIG} = \frac{\text{energia digestível no íleo}}{\% \text{ do nutriente na dieta}}$$

Os valores de energia digestível no íleo (EDI), energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida (EMAn) foram determinados por meio das fórmulas:

EDI (kcal/kg de MS) = energia bruta (EB) da dieta - (EB da digesta ileal * FI do íleo);

EMA (kcal/kg de MS) = EB da dieta - (EB da excreta * FI da excreta);

EMAn (kcal/kg de MS) = EB da dieta - [(EB da excreta * FI excreta) + 8,22 * (BN)]; e

BN = Balanço de nitrogênio = N da dieta - (N da excreta * FI da excreta).

Os resultados do desempenho e da digestibilidade dos nutrientes foram então analisados e comparados por meio do pacote SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, versão 5.0 (UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV, 1992). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + E_j + DE_{ijk} + e_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = resultado da repetição k, das aves que receberam a dieta com o milho i e a suplementação enzimática j (i = 1, 2, ..., 6; j = sem ou com; k = 1, 2, 3, 4);

μ = média geral;

D_i = efeito da dieta com o milho i;

E_j = efeito da suplementação enzimática j,

DE_{ij} = interação das dietas com diferentes variedades de milho e enzimas; e

e_{ijk} = erro associado a cada observação.

As médias do efeito dos diferentes milhos, na interação ou não, foram comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, quando significativas, e o efeito da suplementação enzimática, pela análise de variância, quando significativa.

2.2. Experimento II

No experimento II, foram testadas dietas formuladas com milhos provenientes de seis regiões distintas (Ingaí/MG, Noroeste de MG, Goiás, Nova Ponte/MG, Triângulo Mineiro/MG e Viçosa/MG, denominadas de regiões 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente), também suplementadas ou não com o complexo enzimático utilizado no experimento I. A composição dos milhos é mostrada no Quadro 4.

As dietas foram fornecidas a 480 pintos machos da linhagem Hubbard, com 14 dias de idade e peso médio de $352,3 \pm 2,7$ g, distribuídos aleatoriamente em um esquema fatorial 6 x 2, com quatro repetições cada. Os milhos foram misturados a uma ração basal nas mesmas proporções do experimento I (Quadros 5 e 6); adotou-se um procedimento experimental semelhante àquele descrito anteriormente. As temperaturas médias, mínima e máxima, registradas na sala durante o período experimental foram de $22,8 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$ e $28,2 \pm 2,6^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Os dados do experimento II foram obtidos, calculados e analisados conforme descrito para o experimento I.

Quadro 4 - Composição dos milhos de diferentes regiões

Milhos	Composição ¹				
	MS (%)	PB (%)	EB (kcal/kg)	EE (%)	Amido (%)
Região 1	84,94	7,49	3834	2,88	56,09
Região 2	85,45	7,46	3918	3,72	53,83
Região 3	88,29	7,74	4046	3,05	61,19
Região 4	86,81	7,44	3946	3,42	58,21
Região 5	85,75	7,42	3952	3,23	59,82
Região 6	85,49	6,99	3912	3,12	62,18

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

Quadro 5 - Composição das dietas experimentais com milhos de diferentes regiões

	Dietas experimentais					
	1	2	3	4	5	6
Milhos 1 a 6 (%)	63,24	63,24	63,24	63,24	63,24	63,24
Ração basal (%)	36,76	36,76	36,76	36,76	36,76	36,76
Composição calculada por meio da análise do milho e da ração basal						
MS (%)	85,34	85,67	87,46	86,53	85,85	85,69
EB (kcal/kg)	3985	4038	4119	4056	4059	4034
Prot. bruta (%)	18,36	18,34	18,52	18,33	18,31	18,05
Ext. etéreo (%)	5,21	5,74	5,32	5,56	5,43	5,36
Amido (%)	38,79	37,74	42,02	40,13	41,15	42,65
EM (kcal/kg) ¹	3085	3085	3085	3085	3085	3085

¹ Considerando os milhos com 3.416 kcal de EM/kg (ROSTAGNO et al., 1992).

Quadro 6 - Composição centesimal e determinada da ração basal

Ingredientes	(%)
Farelo de soja	77,530
Farinha de carne	8,161
Gordura de aves	6,801
Fosfato bicálcico	1,904
Calcário	1,360
Sal	0,952
DL-Metionina	0,544
L-Lisina HCL	0,163
Premix vitamínico ¹	0,272
Premix mineral ²	0,136
Cloreto de colina	0,163
Anticoccidiano ³	0,190
Promotor de crescimento ⁴	0,041
Óxido crômico	1,360
Amido	0,396
Antioxidante ⁵	0,027
Total	100,000
Composição	
Matéria seca (%) ⁶	86,04
Energia bruta (kcal/kg) ⁶	4244
Proteína bruta (%) ⁶	37,07
Extrato etéreo (%) ⁶	9,22
Amido (%) ⁶	8,82
Energia metabolizável calculada (kcal/kg)	2515

¹ Contendo: Vit. A - 15.000.000 UI; Vit. D₃ - 1.500.000 UI; Vit E - 15.000 UI; Vit B₁ - 2,0 g; Vit B₂ - 4,0 g; Vit B₆ - 3,0 g; Vit B₁₂ - 0,015 g; Ácido nicotínico - 25,0 g; Ác. Pantotênico - 10,0 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. Fólico -1,0 g; Bacitracina de zinco - 10,0 g; Selênio - 0,25 g; antioxidante - 10,0 g; e veículo q.s.p. - 1.000 g.

² Contendo: Manganês - 80 g; Ferro - 80 g; Zinco - 50 g; Cobre - 10 g; Cobalto - 2 g; Iodo - 1 g e veículo q.s.p. - 500 g.

³ Monensina sódica 20%.

⁴ Virginiamicina 2%.

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

⁶ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Experimento I

3.1.1. Desempenho

O desempenho médio dos frangos de corte no período de 15 a 27 dias de idade, recebendo as dietas experimentais com diferentes variedades de milho, suplementadas ou não com enzimas, está apresentado no Quadro 7.

A adição do complexo enzimático (protease, amilase e xilanase) não alterou ($P>0,05$) o desempenho médio das aves no período estudado, avaliado pelo ganho de peso, pelo consumo de ração e pela conversão alimentar. Estes resultados não estão condizentes com aqueles relatados recentemente por ZANELLA (1998) e ZANELLA et al. (1999), que encontraram efeito positivo da adição de enzimas em dietas à base de milho e soja. Deve-se destacar, porém, que esses autores adicionaram o complexo enzimático durante toda a fase de criação, o que não aconteceu no presente experimento. Entretanto, TORRES (1999) não obteve melhora no ganho de peso diário das aves e nem variação no consumo de ração, quando adicionou as enzimas nas dietas à base de milho e farelo de soja. Esse autor forneceu o complexo enzimático por toda a fase de criação, cujos resultados referentes ao período de 14 a 21 e de 22 a 28 dias estão coerentes com os observados no presente trabalho.

Resultados semelhantes aos observados no presente experimento foram obtidos por MARSMAN et al. (1997), que não observaram melhora no

desempenho dos frangos de corte, criados no período de 7 a 25 dias, quando suplementaram a dieta com enzimas.

Quadro 7 - Desempenho médio de frangos de corte recebendo dietas com seis variedades de milho, suplementadas ou não com enzimas, no período de 15 a 27 dias de idade¹

MILHO	Ganho de peso (g/ave)			Consumo de ração (g/ave)			Conversão alimentar (g/g)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Variedade 1	874	856	865b	1327	1300	1313	1,52	1,52	1,52B
Variedade 2	900	900	900a	1315	1319	1317	1,46	1,47	1,46A
Variedade 3	855	857	856b	1307	1318	1313	1,53	1,54	1,53B
Variedade 4	877	858	867b	1353	1311	1332	1,54	1,53	1,54B
Variedade 5	870	876	873b	1333	1346	1340	1,53	1,54	1,54B
Variedade 6	902	892	897a	1318	1333	1326	1,46	1,50	1,48A
Média	879	873		1326	1321		1,51	1,52	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P < 0,05			P = 0,3974			P<0,001		
Enzima (E)	NS			NS			NS		
M x E	NS			0,2826			NS		
Coef. de variação (%)	3,32			2,27			2,27		

¹ Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

O ganho de peso das aves foi influenciado ($P < 0,05$) pelas diferentes variedades de milho adicionadas nas dietas experimentais, podendo-se notar que as variedades 2 e 6 propiciaram melhor ganho dos frangos.

Uma vez que o consumo de ração não foi alterado ($P > 0,05$), independentemente da variedade de milho adicionada na ração, a conversão alimentar das aves recebendo as variedades 2 e 6 foram melhores que as demais ($P < 0,01$). Devido à semelhança no consumo de ração ($P > 0,05$), esta melhora no ganho de peso e na conversão alimentar, possivelmente, pode estar associada à composição química dos milhos utilizados na formulação, a qual influenciou nas dietas experimentais, levando a composições diferenciadas entre elas. Pode-se observar que o teor de proteína bruta na MS destas variedades (11,54 e 9,82%, respectivamente) foi superior às demais (8,36 a 9,14%), o que levou as dietas experimentais formuladas com estas variedades a apresentar maior conteúdo em proteína e aminoácidos e, possivelmente, melhor aproveitamento desta pelas aves.

Esta composição diferenciada em proteína está coerente com as afirmações de LEESON et al. (1993) e SOTO-SALANOVA et al. (1996), que destacaram variabilidade entre a composição de vários lotes de milho. No presente trabalho, o teor de proteína bruta da variedade 2 foi superior em 38,04% em relação à variedade 4, resultando em uma dieta experimental com diferença de 8,31% em proteína. No entanto, apesar do maior teor protéico, a composição em extrato etéreo da variedade 2 foi bem semelhante às variedades 4, 5 e 6. A variedade 3 apresentou valor mais baixo (3,58%), comparado à variedade 1 (4,81%). O amido dos milhos reduziu em 12,80% entre as variedades 1 e 2 (valores calculados com base na MS).

Em termos percentuais, a variação na energia bruta das variedades foi relativamente baixa (3,17%), porém representa um total de 144 kcal entre os milhos de maior e menor teor de energia bruta. Estes diferentes teores dos nutrientes do milho resultou em dietas de composição variada, o que, certamente, influencia o desempenho das aves. No entanto, ressalta-se que, apesar de apresentar composição diferenciada, o aproveitamento dos nutrientes está diretamente relacionado à sua digestibilidade.

3.1.2. Digestibilidade ileal aparente dos nutrientes e energia digestível ileal

Os resultados referentes aos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB) e do amido (CDIAA) estão apresentados no Quadro 8. Nota-se que houve interação ($P < 0,01$) entre as dietas com diferentes variedades de milho e a suplementação enzimática, quando se determinaram os CDIAMS e CDIAA. As dietas com as variedades 2 e 4 tiveram menor digestibilidade ileal da matéria seca nas dietas não-suplementadas com enzimas e, quando o complexo enzimático foi adicionado às dietas, o CDIAMS da variedade 2 se assemelhou às demais, com exceção da variedade 4, que foi superior, mostrando efeito benéfico da adição de enzimas nesta dieta sobre a digestibilidade ileal da matéria seca. Melhora significativa na digestibilidade ileal da matéria seca, quando enzimas foram adicionadas na dieta, também foi obtida por ZANELLA (1998).

Quando se avaliou a digestibilidade ileal do amido, observou-se que as variedades 3 e 4 foram beneficiadas com a suplementação enzimática, enquanto a variedade 6, apesar do efeito positivo da adição das enzimas na dieta, apresentou digestibilidade inferior às demais. MARSMAN et al. (1997) não obtiveram melhora na digestibilidade do amido, quando adicionaram enzimas na dieta.

Apesar de o teor de proteína das dietas com as diferentes variedades de milho ter sido variável, a digestibilidade ileal da proteína das dietas com estes diferentes milhos foi semelhante ($P > 0,05$), independente da suplementação enzimática. Estes resultados obtidos no presente experimento não estão consistentes com aqueles relatados por MARSMAN et al. (1997) e ZANELLA et al. (1999). Pelos resultados obtidos no presente experimento, torna-se possível afirmar que, como a digestibilidade foi semelhante, maior aporte em proteínas e, conseqüentemente, em aminoácidos esteve disponível para as aves que receberam as dietas formuladas com as variedades 2 e 6, o que pode ter acarretado melhor ganho de peso e conversão alimentar das aves que receberam estas dietas.

Conforme se observa no Quadro 9, houve interação ($P < 0,01$) das dietas com a suplementação enzimática sobre os valores dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo (CDIAEE). Pode-se observar que a dieta com a variedade de milho 1 apresentou melhor digestibilidade, quando as enzimas foram adicionadas na dieta, o que não observado para as variedades 3 e 6, as quais não diferiram significativamente ($P > 0,05$), quando se adicionaram enzimas nas dietas.

Quadro 8 - Coeficientes da digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB) e do amido (CDIAA) de dietas para frangos de corte formuladas com seis variedades de milho, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDIAMS (%)			CDIAPB (%)			CDIAA (%)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Variedade 1	74,41Aa	74,98Ba	74,70	86,22	87,15	86,69	96,03Bb	96,48Ba	96,26
Variedade 2	72,94Bb	74,29Ba	73,62	86,35	86,40	86,38	96,67Ab	97,17Aa	96,92
Variedade 3	73,84Aa	73,25Ba	73,55	86,43	86,01	86,22	95,44Cb	96,88Aa	96,16
Variedade 4	73,08Bb	76,47Aa	74,78	86,17	87,36	86,77	95,28Cb	96,74Ba	96,01
Variedade 5	74,20Aa	74,66Ba	74,43	86,20	87,21	86,71	95,66Ca	95,99Ca	95,83
Variedade 6	74,77Aa	74,14Ba	74,46	87,59	87,41	87,50	94,68Db	95,41Da	95,04
Média	73,87	74,63		86,49	86,92		95,63	96,44	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P < 0,05			P = 0,0749			P < 0,001		
Enzima (E)	P < 0,01			P = 0,0849			P < 0,001		
M x E	P < 0,001			P = 0,2676			P < 0,001		
Coeficiente de variação (%)	1,21			0,97			0,27		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

Quadro 9 - Coeficientes da digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo (CDIAEE), da energia bruta (CDIAEB) e energia digestível ileal (EDI) de dietas para frangos de corte formuladas com seis variedades de milho, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDIAEE (%)			CDIAEB(%)			EDI (kcal/kg)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Variedade 1	92,28Db	94,66Ba	93,47	77,80	77,98	77,89A	3679	3688	3684A
Variedade 2	93,00Ca	91,93Db	92,47	76,35	77,39	76,87B	3639	3689	3664A
Variedade 3	92,73Ca	92,70Ca	92,72	76,83	76,83	76,68B	3594	3580	3587B
Variedade 4	92,90Ca	92,43Cb	92,67	77,06	79,59	78,33A	3643	3763	3703A
Variedade 5	93,71Ba	90,91Eb	92,31	77,17	78,38	77,78A	3625	3682	3654A
Variedade 6	95,37Aa	95,27Aa	95,32	77,68	77,59	77,64A	3659	3655	3657A
Média	93,33	92,98		77,15b	77,90a		3640b	3676a	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P<0,001			P<0,05			P<0,001		
Enzima (E)	P<0,001			P<0,05			P<0,05		
M x E	P<0,001			P<0,0809			P<0,0806		
Coef. de variação (%)	0,25			1,32			1,32		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

Independentemente da suplementação da dieta com o complexo enzimático, a variedade 6 foi a que apresentou melhor digestibilidade do extrato etéreo (95,32%, em média), quando comparada às demais. Inexplicavelmente, algumas variedades (2, 4 e 5) apresentaram menor digestibilidade, quando a dieta foi suplementada com enzimas. Estes resultados observados no presente experimento estão em desacordo com aqueles relatados por MARSMAN et al. (1997), para a gordura, e ZANELLA et al. (1999), para o extrato etéreo, quando adicionaram enzimas na dieta.

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da energia bruta (CDIAEB) e da energia digestível ileal (EDI) mostraram não haver interação das dietas formuladas com milhos de diferentes variedades e adição do complexo enzimático nas dietas ($P > 0,05$). No entanto, houve diferenças entre os CDIAEB das dietas contendo diferentes variedades de milho ($P < 0,05$) e, conseqüentemente, da EDI ($P < 0,01$), em que a variedade 3 apresentou menor valor, sendo 2,37% inferior à média das demais variedades (3.672 kcal EDI/kg de MS), que não diferiram pelo teste de agrupamento de Scott-Knott. A suplementação com enzimas melhorou ($P < 0,05$) a digestibilidade da energia e a energia digestível ileal, estando coerente com os resultados citados por PACK et al. (1998) e ZANELLA et al. (1999).

Com exceção da proteína bruta, em que a digestibilidade não foi influenciada pela adição de enzimas na dieta, os demais nutrientes tiveram seus coeficientes de digestibilidade ileal, na maioria, melhorados com a suplementação enzimática. Estes resultados, de certa forma, estão consistentes com aqueles relatados na literatura (MARSMAN et al., 1997; GHAZI et al., 1997; PACK et al., 1998; ZANELLA, 1998; e ZANELLA et al., 1999).

3.1.3. Digestibilidade aparente dos nutrientes e valores energéticos da dietas

No Quadro 10, observa-se interação ($P < 0,01$) entre as dietas com diferentes variedades de milho e a adição do complexo enzimático, quando se

avaliaram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS) e do extrato etéreo (CDAEE).

Os CDAMS das dietas com as variedades 2, 3, 4, e 5 foram melhorados com a suplementação enzimática e, entre todas as variedades estudadas, a 6 foi a que apresentou menor CDAMS, quando ocorreu a suplementação, na qual, inexplicavelmente, a digestibilidade da MS piorou com a adição das enzimas. O mesmo comportamento foi notado para variedade 3, cujos CDAMS e CDAEE foram reduzidos na dieta com enzimas. Independente da suplementação, a variedade 4 foi a que apresentou menor digestibilidade do EE.

Quadro 10 - Coeficientes da digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), do extrato etéreo (CDAEE) e do amido (CDAA) de dietas para frangos de corte formuladas com seis variedades de milho, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDAMS (%)			CDAEE (%)			CDAA (%)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Variedade 1	81,59Aa	82,23Aa	81,91	90,27Cb	91,22Aa	90,75	98,92	99,13	99,03A
Variedade 2	78,56Bb	81,90Aa	80,23	90,55Cb	91,35Aa	90,95	97,93	98,89	98,41B
Variedade 3	81,11Aa	79,43Cb	80,27	91,52Aa	91,09Ab	91,31	98,75	98,94	98,85A
Variedade 4	78,22Bb	80,44Ba	79,33	89,20Db	90,16Ca	89,68	98,90	99,05	98,97A
Variedade 5	77,83Bb	79,25Ca	78,54	90,77Bb	91,18Aa	90,98	98,19	98,53	98,36B
Variedade 6	78,92Ba	78,11Db	78,52	90,84Ba	90,66Ba	90,75	98,32	98,34	98,33B
Média	79,37	80,23		90,53	90,94		98,50b	98,81a	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P<0,001			P<0,001			P<0,001		
Enzima (E)	P<0,001			P<0,001			P<0,001		
M x E	P<0,001			P<0,001			P<0,2225		
Coef. de variação (%)	0,70			0,28			0,40		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

Não houve interação ($P>0,05$) das dietas e da adição de enzimas sobre os valores dos CDAA. Nota-se que a adição do complexo enzimático, o qual continha a enzima amilase em sua composição, melhorou ($P<0,01$) a digestibilidade do amido, independentemente da variedade estudada. Os CDAA foram diferenciados entre as dietas, haja vista que aquelas contendo as variedades 1, 3 e 4 apresentaram digestibilidade superior às demais, mostrando, de certa forma, que a digestibilidade dos nutrientes de diferentes milhos é variável.

De maneira geral, a digestibilidade dos nutrientes melhorou com a adição de enzimas na dieta. Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por ZANELLA (1998) e ZANELLA et al. (1999), com exceção da digestibilidade do extrato etéreo, na qual os referidos autores não obtiveram diferença significativa.

Quando se determinaram os valores energéticos (EMA e EMAn) das dietas com diferentes variedades de milho, constatou-se interação significativa ($P<0,01$) entre elas e a suplementação com o complexo enzimático (Quadro 11). Com exceção da dieta com a variedade 3, a qual inexplicavelmente mostrou redução nos valores de EMA e EMAn, quando as enzimas foram adicionadas, as dietas com as demais variedades mantiveram ou aumentaram ($P<0,05$) seus valores energéticos. Os valores de EMA e EMAn da dieta com a variedade 5 foram os menores, quando determinados sem a suplementação enzimática; no entanto, quando se adicionaram as enzimas à dieta, estes valores se assemelharam àqueles determinados nas dietas com as variedades 3 e 6.

A variação observada nos valores de EMAn das dietas com os milhos de diferentes variedades foi de 148 kcal/kg, entre a maior e menor energia observada (3.810 e 3.662 kcal), representando 4,04% de diferença. Esta variação, de certa forma, reforça as colocações de LEESON et al. (1993), os quais constataram que os valores energéticos de diferentes milhos são variáveis. A diferença entre os valores energéticos (EMAn) obtidos no presente experimento foi de 4,62%, nas dietas sem suplementação, e 4,12%, quando as enzimas foram adicionadas, mostrando, de certa forma, que as enzimas exógenas podem ser benéficas em reduzir a variabilidade na EMAn das dietas de frangos de corte, corroborando os resultados de WYATT e BEDFORD (1998).

Quadro 11 - Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas para frangos de corte formuladas com seis variedades de milho, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHOS	EMA (kcal/kg)			EMAn (kcal/kg)		
	Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Variedade 1	4022Aa	4037Aa	4030	3804Aa	3816Aa	3810
Variedade 2	3949Bb	4067Aa	4008	3737Bb	3838Aa	3788
Variedade 3	3949Ba	3900Cb	3925	3735Ba	3690Cb	3713
Variedade 4	3905Cb	3975Ba	3940	3703Cb	3764Ba	3734
Variedade 5	3841Db	3898Ca	3870	3636Db	3687Ca	3662
Variedade 6	3900Ca	3872Ca	3886	3688Ca	3665Ca	3677
MÉDIA	3928	3958		3717	3743	
Probabilidade de F						
Milhos		P<0,001			P<0,001	
Enzima		P<0,001			P<0,001	
Milhos x Enzimas		P<0,001			P<0,001	
Coef. De variação (%)		0,63			0,59	

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

3.2. Experimento II

3.2.1. Desempenho

O ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciados ($P>0,05$) pelas dietas formuladas com milhos provenientes de diferentes regiões, independentemente da adição ou não de enzimas ($P>0,05$). Também não houve interação significativa ($P>0,05$), quando foi avaliado o consumo de ração (Quadro 12). No entanto, a procedência do milho mostrou ter influência ($P<0,05$) sobre o consumo das aves, no qual aquelas que receberam as dietas com os milhos das regiões 1, 3 e 5 consumiram mais ração que as demais, apesar deste consumo não ter influenciado o ganho de peso e a conversão alimentar.

Os resultados de desempenho (ganho de peso e conversão alimentar) do presente experimento foram avaliados no período de 15 a 27 dias de idade e estão de acordo com aqueles obtidos por MARSMAN et al. (1997) e TORRES (1999), que avaliaram o desempenho das aves recebendo dietas formuladas com adição de enzimas e não observaram efeito positivo da suplementação enzimática sobre o desempenho das aves no período semelhante ao do presente experimento. ZANELLA et al. (1999) conduziram dois experimentos com adição de enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja e, em um deles, não observaram efeito da suplementação enzimática sobre o desempenho das aves. Entretanto, no outro experimento, o ganho de peso e a conversão alimentar foram melhorados com a adição de enzimas, avaliados durante todo o período de criação.

Quando comparado ao experimento anterior, os resultados observados neste experimento diferiram do primeiro, no qual as diferentes variedades de milho tiveram influência sobre o desempenho das aves. Contudo, naquele experimento, houve variação expressiva na composição dos milhos, especialmente da proteína bruta, o que não foi observado neste experimento.

De certa forma, estes resultados contradizem aqueles apresentados por LEESON et al. (1993) e SOTO-SALANOVA et al. (1996), em que a composição de diferentes lotes de milho foi muito variável. No presente experimento, somente o extrato etéreo apresentou variação expressiva entre o

maior e o menor valor analisado (28,32%). As análises de proteína bruta, energia bruta e amido dos milhos mostraram haver variação de 7,82; 2,10; e 14,18%, respectivamente, sendo estas variações menos expressivas que aquelas observadas no primeiro experimento (calculadas com base na MS).

Quadro 12 - Desempenho médio de frangos de corte recebendo dietas com milhos provenientes de seis regiões distintas, suplementadas ou não com enzimas, no período de 15 a 27 dias de idade¹

MILHO	Ganho de peso (g/ave)			Consumo de ração (g/ave)			Conversão alimentar (g/g)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Região 1	798	821	810	1318	1349	1333a	1,65	1,64	1,65
Região 2	795	811	803	1288	1306	1297b	1,62	1,61	1,62
Região 3	798	809	804	1322	1326	1324a	1,66	1,61	1,65
Região 4	813	792	802	1316	1290	1303b	1,62	1,65	1,62
Região 5	838	807	822	1366	1320	1343a	1,63	1,66	1,63
Região 6	801	783	791	1307	1310	1308b	1,63	1,68	1,65
Média	807	804		1319	1317		1,63	1,64	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P = 0,2519			P < 0,05			P = 0,3424		
Enzima (E)	NS			NS			NS		
M x E	P = 0,1286			P = 0,0796			NS		
Coef. de variação (%)	2,96			2,07			2,42		

¹ Médias seguidas de letras distintas, na coluna, diferem-se pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

3.2.2. Digestibilidade ileal dos nutrientes e energia digestível ileal

Os CDIAMS, CDIAPB e CDIAA estão apresentados no Quadro 13. Somente houve interação ($P < 0,05$) das dietas com diferentes milhos e a suplementação enzimática para os CDIAA. Nota-se que, com exceção das dietas formuladas com milhos provenientes das regiões 2 e 4, a adição de enzimas melhorou a digestibilidade ileal do amido das demais dietas. Nos estudos de MARSMAN et al. (1997), não foi encontrada melhora na digestibilidade ileal deste nutriente, resultado contrário ao obtido no presente experimento e daqueles apresentados por ZANELLA et al. (1999).

Os valores de digestibilidade ileal do amido, observados nos dois experimentos, foram relativamente elevados, independentemente da suplementação enzimática (96,0% no primeiro e 95,3% no segundo, em média), sendo inferiores àqueles determinados por MARSMAN et al. (1997), os quais foram, em média, de 99,3%, e superiores aos de ZANELLA et al. (1999), de 92,1%, em média. Independente da procedência dos resultados, pode-se observar que todos os valores de digestibilidade relatados contradizem aqueles obtidos por NOY e SKLAN (1995), que apresentaram digestibilidade ileal do amido variável entre 82 e 89%, a qual foi considerada baixa para pintos em crescimento; resultados consistentes com aqueles encontrados posteriormente por Coon (1996), citado por BEDFORD (1998).

Embora não tenha sido observada diferença significativa, a suplementação enzimática melhorou a digestibilidade ileal da matéria seca e proteína bruta, independente da procedência do milho, estando de acordo com os resultados obtidos por ZANELLA (1998), para a matéria seca, e MARSMAN et al. (1997) e ZANELLA (1999), para proteína bruta. Os milhos provenientes das regiões 5 e 6 apresentaram menores coeficientes de digestibilidade da matéria seca e os das regiões 2 e 6, da proteína bruta.

Constam do Quadro 14 os valores dos CDIAEE, CDIAEB e EDI, no qual se observa que os CDIAEE não foram influenciados pelos diferentes milhos, nem pela adição de enzimas ($P > 0,05$). No entanto, as enzimas adicionadas às dietas experimentais melhoraram a digestibilidade da EB e, conseqüentemente, da energia digestível ileal ($P < 0,01$), estando consistentes com aqueles resultados apresentados por PACK et al. (1998). A digestibilidade

da EB da dieta formulada com o milho da região 3, bem como a EDI, foi superior ($P < 0,01$) aos valores das demais dietas, as quais tiveram CDIAEB e EDI semelhantes. A adição de enzimas nas dietas melhorou ($P < 0,05$) a digestibilidade da EB e o valor da EDI, em 1,93 e 1,94%, respectivamente, em relação às dietas sem suplementação. Esta melhora, no entanto, foi inferior àquelas relatadas por BEDFORD (1998).

Quadro 13 - Coeficientes da digestibilidade ileal aparente da matéria seca (CDIAMS), da proteína bruta (CDIAPB) e do amido (CDIAA) de dietas para frangos de corte formuladas com milhos provenientes de seis regiões, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDIAMS (%)			CDIAPB (%)			CDIAA (%)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Região 1	74,92	75,93	75,43A	84,46	85,42	84,94A	93,94Cb	95,31Ba	94,62
Região 2	74,46	75,35	74,90A	82,78	85,02	83,90B	95,91Aa	96,40Aa	96,16
Região 3	75,33	75,84	75,58A	83,81	85,14	84,48A	93,92Cb	95,40Ba	94,66
Região 4	74,12	76,14	75,13A	83,61	85,84	84,72A	95,84Aa	96,15Aa	96,00
Região 5	73,04	74,55	73,80B	84,05	84,55	84,30A	95,03Bb	96,03Aa	95,53
Região 6	72,88	74,26	73,57B	82,64	84,72	83,68B	94,52Cb	95,22Ba	94,87
Média	74,12b	75,34a		83,56b	85,12a		94,86	95,75	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P<0,001			P<0,05			P<0,001		
Enzima (E)	P<0,001			P<0,001			P<0,001		
M x E	NS			P = 0,1417			P<0,05		
Coef. de variação (%)	1,37			0,93			0,43		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

Quadro 14 - Coeficientes da digestibilidade ileal aparente do extrato etéreo (CDIAEE), da energia bruta (CDIAEB) e da energia digestível ileal (EDI) de dietas para frangos de corte formuladas com milhos provenientes de seis regiões, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDIAEE (%)			CDIAEB(%)			EDI (kcal/kg)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Região 1	98,88	98,59	98,74	76,84	78,56	77,70B	3587	3668	3628B
Região 2	98,57	98,52	98,55	77,01	77,69	77,35B	3630	3662	3646B
Região 3	98,53	98,66	98,59	78,50	79,25	78,88A	3697	3732	3715A
Região 4	98,51	98,65	98,58	76,83	78,96	77,90B	3601	3701	3651B
Região 5	98,44	98,84	98,64	76,04	78,54	77,29B	3595	3714	3655B
Região 6	99,21	98,69	98,95	75,95	77,07	76,51B	3576	3628	3602B
Média	98,69	98,66		76,86b	78,34a		3614b	3684a	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	NS			P<0,01			P<0,01		
Enzima (E)	NS			P<0,001			P<0,001		
M x E	NS			P = 0,3832			P = 0,3807		
Coef. de variação (%)	0,51			1,32			1,32		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

3.2.3. Digestibilidade aparente dos nutrientes e valores energéticos das dietas

No Quadro 15, observa-se que as digestibilidades aparentes da matéria seca e do amido não foram influenciadas ($P>0,05$) pela adição de enzimas nas dietas com milhos provenientes de diferentes regiões. A procedência do milho também não teve efeito significativo ($P>0,05$) sobre os valores de CDAA. No entanto, constata-se que a matéria seca das dietas formuladas com milhos das regiões 1, 3 e 4 apresentou melhor digestibilidade que as demais.

A adição do complexo enzimático melhorou ($P<0,01$) a digestibilidade do extrato etéreo, sendo que as dietas com os milhos provenientes das regiões 1 e 3 tiveram melhor CDEE que as demais, em que os milhos das regiões 5 e 6 foram de digestibilidade inferior ($P<0,01$), assim como ocorrido para os CDMS.

Os valores de EMA e EMAn das dietas com os milhos de diferentes regiões foram diferenciados ($P<0,05$), podendo-se observar que as dietas com os milhos das regiões 3 e 5 foram as que apresentaram maiores valores energéticos (Quadro 16). Apesar de apresentarem valores de EMAn diferentes, pode-se notar que a amplitude entre a maior e a menor energia determinada foi de 60 kcal/kg. Esta diferença não chega a ser expressiva (1,74%), quando comparada à amplitude dos valores energéticos determinados por LEESON et al. (1993), de 547 kcal de EMAn/kg, representando variação de 18,69% entre a maior e menor energia determinada nas amostras (3.473 e 2.926 kcal de EMAn/kg). Também ERTL e DALE (1997) observaram variação nos valores energéticos verdadeiros (EMVn) de três amostras de milho normal, apresentando variação de 141 kcal/kg, o que representou diferença de 3,63% entre o maior (4.024 kcal/kg) e o menor (3.883 kcal/kg) valor determinado.

Quadro15 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), do extrato etéreo (CDAEE) e do amido (CDAA) de dietas para frangos de corte formuladas com milhos provenientes de seis regiões, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHO	CDFMS (%)			CDAEE (%)			CDAA (%)		
	Enzima			Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Região 1	74,92	74,98	74,95A	78,32	78,32	78,32A	98,88	98,59	98,74
Região 2	73,29	72,76	73,02B	76,50	77,28	76,89B	98,57	98,52	98,55
Região 3	74,42	75,26	74,84A	79,29	78,75	79,02A	98,53	98,66	98,59
Região 4	74,46	74,65	74,56A	75,91	78,13	77,02B	98,51	98,65	98,58
Região 5	74,00	73,56	73,78B	74,36	76,21	75,28C	98,44	98,84	98,64
Região 6	72,52	73,76	73,14B	73,92	77,24	75,58C	99,21	98,69	98,95
Média	73,94	74,16		76,38b	77,66a		98,69	98,66	
Probabilidade de F									
Milhos (M)	P<0,001			P<0,001			NS		
Enzima (E)	NS			P<0,01			NS		
M x E	P = 0,3649			P = 0,0708			NS		
Coef. de variação (%)	1,26			1,78			0,51		

¹ Médias seguidas de letras distintas, minúsculas na linha e maiúsculas na coluna, diferem pelo teste de F (minúsculas) e pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (maiúsculas - P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

Quadro 16 - Energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) de dietas para frangos de corte formuladas com milhos provenientes de seis regiões, sem ou com adição de enzimas^{1,2}

MILHOS	EMA (kcal/kg)			EMAn (kcal/kg)		
	Enzima			Enzima		
	Sem	Com	Média	Sem	Com	Média
Região 1	3641	3640	3640b	3469	3466	3468b
Região 2	3611	3599	3605b	3451	3440	3446b
Região 3	3648	3693	3670a	3480	3531	3506a
Região 4	3652	3639	3646b	3485	3472	3478b
Região 5	3673	3675	3674a	3502	3511	3506a
Região 6	3622	3636	3629b	3466	3472	3469b
Média	3641	3647		3476	3482	
Probabilidade de F						
Milhos	P<0,05			P<0,05		
Enzima	NS			NS		
Milhos x Enzimas	P = 0,3649			NS		
Coef. de variação (%)	1,17			1,14		

¹ Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott (P<0,05).

² Valores expressos com base na matéria seca.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Dois experimentos foram conduzidos no Laboratório Animal do DZO/UFV, com o objetivo de determinar o desempenho de frangos de corte, a digestibilidade de nutrientes e os valores energéticos de rações formuladas com diferentes tipos de milhos, suplementadas ou não com um complexo enzimático (Avizyme 1500[®]). Foram utilizados, em cada experimento, 480 pintos Hubbard machos, com 14 dias de idade, os quais foram criados até a idade de 27 dias, período no qual foi avaliado o desempenho (consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar). As aves receberam os tratamentos em esquema fatorial 6 x 2, sendo seis variedades de milho suplementadas ou não com enzimas (exp.1) e milhos provenientes de seis regiões, também suplementados ou não com enzimas (exp. 2), em quatro repetições de 10 aves cada. Cada variedade ou procedência dos milhos foi misturada em uma ração basal na proporção de 63,24%, constituindo as dietas experimentais, calculadas para conter 0,89% de Ca, 0,44% de Pd, 1,05% de Lis, 0,882% de MET + CIS e 0,20% de Na. Os níveis de proteína bruta e os valores energéticos variaram em função da composição de cada milho. O óxido crômico foi adicionado como indicador nas dietas experimentais, na proporção de 0,5%. A partir do 23^o dia, as excretas foram coletadas duas vezes ao dia, sendo acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para análise posteriores. No 28^o dia, todas as aves de cada repetição foram abatidas e o conteúdo de digesta presente nos 30 cm do íleo terminal, anterior à junção íleo-

cecal, reunido para formação das amostras. As amostras das excretas e da digesta ileal foram então analisadas em matéria seca, nitrogênio, energia bruta e amido, e os coeficientes de digestibilidade e valores energéticos, determinados por meio do fator de indigestibilidade do óxido crômico.

De acordo com os resultados obtidos nos dois experimentos, concluiu-se que a procedência dos milhos (variedades ou regiões) influenciou no desempenho das aves; a digestibilidade dos nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com diferentes milhos variou em função da composição dos milhos; e a digestibilidade ileal da proteína bruta, do amido e a energia digestível ileal melhorou com a suplementação enzimática.

CAPÍTULO 2

VALORES ENERGÉTICOS DO MILHETO, DO GRÃO DE MILHO E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM PINTOS E GALOS ADULTOS

1. INTRODUÇÃO

A maximização do potencial de desenvolvimento animal depende de vários fatores. As condições favoráveis inerentes ao ambiente de criação e da saúde dos animais, juntamente com a nutrição correta, adotando-se técnicas aprimoradas no preparo das rações, constituem-se em pressupostos básicos para a otimização da produção (ZANOTTO e MONTICELLI, 1998). Assim, a alimentação animal representa um fator importante na agroindústria brasileira.

Aproximadamente 65% da produção nacional de milho foram consumidos na formulação de rações para os animais no último ano. As aviculturas de corte e postura foram responsáveis por uma demanda em torno de 12 milhões e 500 mil toneladas de milho, acreditando-se que, no corrente ano, este valor supere os 13 milhões de toneladas (ANFAL, 2000). Apesar da constante busca de alimentos alternativos, observa-se que o milho é ainda a fonte energética tradicional nas formulações.

Por outro lado, a literatura tem mostrado que o milheto, pelo alto teor de proteína bruta dos grãos, bem como pela sua composição energética e mineral, pode ser um cereal alternativo em substituição ao milho nas formulações, o que tem despertado grande interesse dos nutricionistas nos últimos anos (FANCHER et al., 1987; SMITH et al., 1989; ALBINO et al., 1992e; ADEOLA e ROGLER, 1994; CAFÉ et al., 1996; COLLINS et al., 1997; e RAGLAND et al., 1997). Portanto, é imprescindível o conhecimento de seu valor nutritivo para aves.

Conforme citado por ALBINO et al. (1987), 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. Dessa forma, o conhecimento da composição química e a precisão dos valores energéticos dos alimentos são de grande importância na formulação econômica de rações. Vários métodos diretos (ensaios biológicos) e indiretos (equações de predição) têm sido aplicados na determinação da energia metabolizável dos alimentos para aves.

Diante destas colocações, os objetivos do presente trabalho foram determinar os valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) do milheto, do milho e subprodutos, por intermédio de um ensaio com pintos em crescimento (método tradicional) e outro utilizando galos adultos (alimentação forçada), e estabelecer equações por meio dos resultados experimentais obtidos e da composição química, para predizer o conteúdo energético do milho e subprodutos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) de onze alimentos obtidos de empresas comerciais, sendo três amostras de milho (milhos 1, 2 e QPM - Quality Protein Maize), milho pré-cozido, farelo de glúten 60, farelo de glúten 21, gérmen de milho, gérmen de milho fino, gérmen de milho desengordurado e duas amostras de milheto (milhetos 1 e 2), foram utilizados dois ensaios biológicos, sendo um com pintos em crescimento (método tradicional de coleta total de excretas) no período de 12/12/97 a 23/12/97 e outro com galos adultos (método da alimentação precisa), de 11/10/97 a 01/11/97, conduzidos no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O milho QPM representa uma variedade de milho originalmente desenvolvida pelo Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo, no México, melhorada em suas qualidades agrônômicas e de composição em aminoácidos pelo Centro Nacional de Pesquisas em Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA) de Sete Lagoas/Minas Gerais. A variedade foi melhorada para conter 50% a mais de lisina, em relação ao milho comum. O milho pré-cozido é o produto obtido do grão de milho moído, extrusado a vapor (pré-cozimento a 85-90°C), passando posteriormente por um processo de secagem, novamente moído e destinado à alimentação animal (SIMILHO Indústria e Comércio de Milho Guimarães LTDA - Uberlândia/Minas Gerais).

2.1. Determinação dos valores energéticos pelo método de coleta total de excretas

As aves foram criadas em galpão de alvenaria no Setor de Avicultura do DZO, até a idade de 14 dias, período no qual receberam uma ração inicial de frangos de corte baseada em milho e farelo de soja, apresentando peso médio de $348,1 \pm 1,8$ g aos 14 dias. As aves foram então transferidas para baterias dispostas em uma sala de 80 m^2 , com 4,0 m de pé direito e janelas de vidro, e distribuídas aleatoriamente aos boxes das baterias, onde receberam as rações com os alimentos a serem testados e luz natural e, ou, artificial por 24 horas.

Foram utilizados 540 pintos machos da linhagem Hubbard, que receberam as rações experimentais com os 11 alimentos e uma ração referência (Quadro 1), na qual os alimentos, com exceção do farelo de glúten 60, substituíram em 40%. O farelo de glúten 60, pelo seu elevado conteúdo de PB, substituiu a ração referência em 30%. Determinaram-se, para cada alimento, as EMA, EMAn, EMV e EMVn em quatro repetições de 10 aves cada, sendo a ração referência fornecida a seis repetições de 10 aves, por ser fundamental nos cálculos dos valores energéticos. As temperaturas mínima e máxima médias registradas foram $22,6 \pm 1,1^\circ\text{C}$ e $28,7 \pm 1,5^\circ\text{C}$.

Rações e água foram fornecidas à vontade por um período de 12 dias, sendo sete dias de adaptação e cinco de coleta total de excretas em cada unidade experimental, a qual foi realizada duas vezes ao dia (8 e 16 h), para evitar fermentações. No período de coleta (22 a 26 dias de idade), as bandejas foram revestidas com plástico sob o piso de cada gaiola, a fim de evitar perdas. Simultaneamente, foram mantidas em jejum quatro repetições de 10 aves, por um período de 24 horas, para limpar o trato digestivo, e por mais 48 horas, para determinação das perdas endógenas e metabólicas, cujos valores foram corrigidos para o período de cinco dias, equivalente ao período de coleta de excretas, para se determinarem as EMV e EMVn.

O consumo de ração de cada unidade experimental, durante o período de coleta, foi registrado e as excretas coletadas, colocadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Então, as amostras foram pesadas, homogeneizadas e retiradas as alíquotas devidas para as análises de MS, N e EB, após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Os valores de EMA foram determinados pela fórmula de MATTERSON et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio e a repetibilidade média, conforme fórmula citada por ALBINO (1991).

Quadro 1 - Composição centesimal e calculada da ração referência

Ingredientes	(%)
Milho	63,240
Farelo de soja	28,545
Farinha de carne e ossos	3,000
Gordura de aves	2,500
Fosfato bicálcico	0,700
Calcário	0,500
Sal	0,350
DL-Metionina	0,200
L-Lisina HCL	0,060
Premix vitamínico ¹	0,100
Premix mineral ²	0,050
Cloreto de colina	0,060
Anticoccidiano ³	0,070
Promotor de crescimento ⁴	0,015
Inerte	0,600
Antioxidante ⁵	0,010
Total	100
Composição calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3085
Proteína bruta	19,75
Metionina + cistina	0,822
Lisina	1,050
Cálcio	0,889
Fósforo disponível	0,440
Sódio	0,200

¹ Contendo: Vit. A - 15.000.000 UI; Vit. D₃ - 1.500.000 UI; Vit E - 15.000 UI; Vit B₁ - 2,0 g; Vit B₂ - 4,0 g; Vit B₆ - 3,0 g; Vit B₁₂ - 0,015 g; Ácido nicotínico - 25,0 g; Ác. Pantotênico - 10,0 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. Fólico -1,0 g; Bacitracina de zinco - 10,0 g; Selênio - 0,25 g; antioxidante - 10,0 g e veículo q.s.p. - 1000 g.

² Contendo: Manganês - 80 g; Ferro - 80 g; Zinco - 50 g; Cobre - 10 g; Cobalto - 2 g; Iodo - 1 g; e veículo q.s.p. - 500 g.

³ Monensina sódica 20%.

⁴ Virginiamicina 2%.

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

As fórmulas utilizadas no cálculo dos valores energéticos e da repetibilidade foram:

$$\text{EMA da ração teste (RT) e, ou, referência (RR)} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

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

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

BN = Balanço de nitrogênio = N ingerido - N excretado

$$\text{EMAn do alimento (kcal/kg de MS)} = \text{EMA}_{\text{RR}} + \frac{\text{EMA}_{\text{RT}} - \text{EMA}_{\text{RR}}}{\text{g/g de substituição}}$$

$$\text{EMV da RT e RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} - \text{EB do endógeno})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMV do alimento (kcal/kg de MS)} = \text{EMV}_{\text{RR}} + \frac{\text{EMV}_{\text{RT}} - \text{EMV}_{\text{RR}}}{\text{g/g de substituição}}$$

$$\text{EMVn da RT e RR} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} - \text{EB do endógeno} + 8,22 * \text{BNV})}{\text{MS ingerida}}$$

BNV = BN verdadeiro = (N ingerido - (N excretado - N endógeno))

$$\text{EMVn do alimento (kcal/kg de MS)} = \text{EMVn}_{\text{RR}} + \frac{\text{EMVn}_{\text{RT}} - \text{EMVn}_{\text{RR}}}{\text{g/g de substituição}}$$

$$\text{Repetibilidade} = \frac{\text{QM do tratamento} - \text{QM do resíduo}}{\text{QM Trat.} - \text{QM Res.} + \text{J (QMRes.)}} ; \text{J} = \text{número de repetições.}$$

Determinaram-se, de cada alimento, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra bruta (FB), fibras em detergente ácido e neutro (FDA e FDN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e

zinco (Zn), conforme as técnicas descritas por SILVA (1990). O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por NELSON (1944), e o selênio (Se), por intermédio da metodologia descrita por AMERLIN et al. (1998). Também foram realizadas análises físicas para se determinar o diâmetro geométrico médio - DGM (adaptado da metodologia de Zanotto e Bellaver, 1996, citados por ZANOTTO e MONTICELLI, 1998). A densidade dos alimentos foi realizada conforme o procedimento descrito no Apêndice B.

2.2. Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada

Foi utilizado o método de alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (SIBBALD, 1976a), utilizando-se galos Leghorne adultos, com 18 meses de idade e peso médio de 2352 ± 205 g. O método foi modificado para o período de adaptação e coleta de excretas, utilizando-se galos adultos intactos. Cada um dos 11 alimentos descritos no ensaio I foi fornecido a seis galos, repetidos três vezes no tempo, sendo dois galos por unidade experimental, observando-se que cada galo não deveria receber o mesmo alimento duas vezes. Simultaneamente, foram mantidas em jejum três repetições de dois galos, para determinação das perdas endógenas. Foi utilizado um intervalo de quatro dias entre cada repetição, para descanso dos galos, os quais receberam uma ração de terminação de frangos de corte, visando melhor recuperação.

Antes do período experimental, os galos foram alojados nas baterias e passaram por um período de adaptação, no qual receberam alimentação em dois turnos de 1 hora, às 8 e 16 h, visando à dilatação do papo. Em seguida, foram mantidos em jejum por 24 horas, com o objetivo de esvaziar o trato digestivo, e, então, forçados a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo. Foram fornecidos 15 g dos alimentos às 8 h e 15 g às 16 h, para evitar regurgitações.

As bandejas sob o piso das gaiolas foram revestidas com plástico, semelhante ao ensaio I, e a coleta de excretas, realizada duas vezes ao dia (8 e 16 h), para evitar fermentações, por um período de 56 horas, após iniciado o fornecimento

dos alimentos. As excretas foram acondicionadas e analisadas conforme descrito para o ensaio I. Os valores energéticos foram calculados pelas fórmulas:

$$\text{EMA (kcal/kg de MS)} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMAn do alimento} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 * \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMV (kcal/kg de MS)} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} - \text{EB do endógeno})}{\text{MS ingerida}}$$

$$\text{EMVn do alimento} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} - \text{EB do endógeno} + 8,22 * \text{BNV})}{\text{MS ingerida}}$$

2.3. Predição dos valores energéticos em função da composição química e física dos alimentos

Após determinada a composição química das amostras de milho e subprodutos, e obtidos os valores energéticos (EMAn e EMVn), determinados nos ensaios I e II, foram estimadas equações para prever a energia metabolizável deste grupo de alimentos, por intermédio de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou “Backward”, por intermédio do pacote SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, versão 5.0 (UFV, 1992). Utilizaram-se na predição das equações os valores de PB, FB (ou FDA e FDN), EE, MM, amido, DGM e densidade dos alimentos testados.

Para obter equações de maior precisão, foram adotados o teste de T e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição dos alimentos

A composição química, a densidade e o diâmetro geométrico médio (DGM) dos 11 alimentos avaliados encontram-se no Quadro 2 e a composição em macro e microminerais, no Quadro 3. Quando comparados com a literatura, observam-se variações entre os valores de composição química analisados e aqueles relatados, tanto nas tabelas editadas no Brasil (ROSTAGNO et al., 1983; EMBRAPA, 1991; BRASIL, 1996), quanto naquelas da literatura estrangeira (JANSSEN, 1989; NRC, 1994 e 1998; LEESON e SUMMERS, 1997; BOURDON et al., 1999; DALE, 1999; e BATH et al., 1999). No entanto, as diferenças observadas eram de se esperar, uma vez que mudanças nas condições de solo, clima e cultivares, além dos subprodutos que são obtidos em várias condições de processamento e manejo, podem afetar a composição dos alimentos (ALBINO e SILVA, 1996; DALE, 1999; e BATH et al., 1999). Segundo BATH et al. (1999), os valores apresentados em tabelas devem ser utilizados como guia para obtenção da composição do alimento, e não como informação precisa desta.

Quando se compara a composição dos milhetos com as amostras do milho, pode-se notar que, exceto a energia bruta, o amido e a densidade, que foram semelhantes, em média, e o DGM, que foi inferior ao milho pré-cozido, os demais componentes do milheto foram superiores, cujos teores em proteína

bruta e extrato etéreo foram, em média, 51,76 e 95,31% superiores à média das quatro amostras de milho (1, 2, QPM e pré-cozido).

Quadro 2 - Composição química e física do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Composição ^{1,2}										
	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EB (kcal/kg)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μ m
Milho 1	87,86	9,82	1,88	0,88	0,78	5,13	14,22	3929	66,25	724,5	874,5
Milho 2	86,65	8,07	2,46	1,20	0,75	2,41	11,12	3713	73,45	757,7	904,1
Milho QPM	88,52	7,67	3,79	0,92	1,00	2,70	12,31	3907	66,38	653,0	759,2
Milho pré-cozido	88,82	8,43	1,66	0,93	1,22	3,19	9,67	3930	61,00	701,7	387,1
Farelo de glúten 60	92,09	62,15	4,06	1,24	0,02	17,68	3,32	5247	13,75	772,7	494,7
Farelo de glúten 21	85,59	24,00	3,20	7,15	6,64	11,14	38,75	3812	26,58	433,3	728,3
Gérmen de milho (GM)	89,47	8,96	5,76	2,08	1,59	3,33	16,44	4033	57,87	612,1	1333,8
Gérmen de milho fino	90,65	9,73	8,24	3,28	1,32	2,00	12,54	4329	44,23	495,5	321,2
GM desengordurado	90,16	10,85	1,29	6,59	2,78	6,77	2,78	3543	51,57	706,2	700,1
Milheto 1	89,47	12,40	4,90	1,83	2,94	7,65	17,58	3966	66,01	662,1	718,8
Milheto 2	88,52	13,41	4,67	1,33	4,64	10,03	21,08	4024	63,37	759,3	783,3

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

² MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; MM - matéria mineral; FB - fibra bruta; FDA - fibra em detergente ácido; FDN - fibra em detergente neutro; EB - energia bruta; Dens. - densidade e DGM - diâmetro geométrico médio.

Quadro 3 - Composição de macro e microminerais do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Composição ¹									
	Ca (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Na (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Se ² (ppm)
Milho 1	0,07	0,19	0,16	0,06	32,39	29,16	24,87	12,51	2,73	58
Milho 2	0,03	0,21	0,27	0,06	39,17	53,78	22,10	12,13	3,35	71
Milho QPM	0,04	0,13	0,21	0,05	91,28	53,38	17,57	10,32	2,58	49
Milho pré-cozido	0,04	0,20	0,20	0,06	64,87	51,30	21,80	11,40	2,68	34
Farelo de glúten 60	0,03	0,39	0,07	0,03	56,17	114,28	19,34	2,39	10,77	108
Farelo de glúten 21	0,05	0,39	1,49	0,34	107,73	239,30	90,94	30,56	2,03	114
Gérmen de milho (GM)	0,03	0,37	0,45	0,13	52,19	69,28	41,12	12,71	7,57	43
Gérmen de milho fino	0,04	0,62	0,79	0,20	98,52	80,49	67,12	19,92	11,35	149
GM desengordurado	0,74	0,73	0,77	0,51	62,08	207,15	53,44	27,33	7,52	104
Milheto 1	0,03	0,26	0,34	0,10	78,48	169,05	36,47	19,05	9,30	63
Milheto 2	0,02	0,18	0,31	0,08	70,37	76,14	35,43	23,35	8,93	52

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFLA - Lavras/MG.

² Análises realizadas no Laboratório do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (INPE) - USP/SP

Nota-se que a composição em macro e microminerais do milheto também apresentou tendência de ser maior que a do milho, com exceção do cálcio e selênio, cuja concentração foi semelhante, e do fósforo da amostra de milheto 2, a qual foi inferior. Por outro lado, o farelo de glúten 21 apresentou em sua composição elevados teores de minerais, quando comparados aos milhos e outros alimentos, excedendo somente no teor de cobre, no qual o farelo de glúten 21 foi o mais baixo (2,03 ppm).

Conforme mencionado por NUNES (1999), os alimentos podem ser classificados quanto ao seu DGM com alimentos de DGM grosso (maior que 832,7 μm), médio (entre 375,3 e 832,7 μm) e fino (menor que 375,3 μm). Assim, nota-se que as duas amostras de milho (1 e 2) e o gérmen de milho podem ser classificados, no presente trabalho, como alimento de DGM grosso e o gérmen de milho fino, como um alimento de DGM fino. Os demais alimentos estudados apresentaram DGM médio e, surpreendentemente, o gérmen de milho apresentou DGM 90,5% superior ao gérmen de milho desengordurado.

O farelo de glúten 21 destacou-se como um alimento fibroso (6,64%), quando comparado às amostras de milho e demais subprodutos, apresentando menor densidade (433,3 g/L) que os demais alimentos. O farelo de glúten 60, por outro lado, apresentou maior densidade (772,7 g/L) e menores teores de fibra bruta (0,02%) e amido (13,75%). Este resultado era de se esperar, uma vez que, conforme BRASIL (1998), para obtenção deste subproduto, há a remoção da maior parte do amido, gérmen e das porções fibrosas.

Entre os alimentos analisados, somente o gérmen desengordurado apresentou elevado teor de cálcio. Este subproduto é obtido por processo industrial para extração de óleo contido no gérmen do milho integral (BRASIL, 1998), sendo que este maior conteúdo de cálcio (e mesmo matéria mineral) possivelmente estaria associado ao processo de extração de óleo. O gérmen desengordurado também apresentou teor de proteína 21,09% maior que o gérmen comum e 11,51% que o gérmen fino. No entanto, vale ressaltar que os diferentes métodos de processamento industrial dos subprodutos podem alterar sua composição (ALBINO et al., 1992a; BATH et al., 1999), levando a diferenças quando comparados entre si.

3.2. Valores energéticos determinados com pintos (coleta total de excretas)

Os valores energéticos determinados com pintos em crescimento, dos 22 aos 26 dias de idade (Quadro 4), mostraram haver alguma variação, quando comparados com a literatura nacional (ROSTAGNO et al., 1983; ALBINO et al., 1989; e ALBINO et al., 1992a; EMBRAPA, 1991; BRASIL, 1996; e FISCHER JR. et al., 1998) e a literatura estrangeira (JANSSEN, 1989; NRC, 1994; BOURDON et al. 1999; e DALE, 1999).

À exceção do farelo de glúten 21 e do gérmen de milho desengordurado, que apresentaram valores energéticos mais baixos, e do farelo de glúten 60, cujos valores de energia metabolizável determinados (EMA, EMAn, EMV e EMVn) foram maiores, os demais alimentos apresentaram valores relativamente similares, nos quais os valores de EMAn e EMVn do gérmen de milho foram 12,23 e 12,62% inferiores ao milho pré-cozido (3.272 kcal de EMAn, 3.323 kcal de EMVn/kg de MS e 3.728 kcal de EMAn e 3.803 kcal de EMVn/kg de MS, respectivamente).

Quando se compara a média dos valores de EMA e EMV com as de EMAn e EMVn, observa-se que há redução de 68 e 87 kcal/kg de MS, correspondendo a 2,01 e 2,51%, respectivamente, quando se aplica a correção para o balanço de nitrogênio. Estes percentuais são inferiores àqueles de 6,88 e 6,38%, observados nos trabalhos de ALBINO et al. (1992a) e BORGES et al. (1999a), nos quais se constata percentual de 6,04 e 5,89%, quando os valores energéticos foram obtidos com aves de 13 dias de idade, e 4,95 e 4,69%, quando as aves tinham 39 dias, respectivamente, para as diferenças entre as determinações sem correção e aquelas corrigidas para o balanço de nitrogênio. Os valores obtidos por BORGES et al. (1998a) mostraram haver tendência de redução no percentual de correção pelo nitrogênio retido, com o avanço na idade das aves (13 e 39 dias). Entretanto, os baixos percentuais apresentados no presente trabalho foram obtidos com aves no período de 22 a 26 dias de idade.

Quadro 4 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do milho, subprodutos e do milheto, determinados com pintos (22 a 26 dias de idade), pelo método tradicional de coleta total de excretas, e seus respectivos desvios-padrão (valores expressos na matéria seca)

Alimento	EMA		EMAn		EMV		EMVn	
	(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)	
Milho 1	3749	± 43	3699	± 40	3822	± 44	3755	± 41
Milho 2	3573	± 72	3529	± 72	3647	± 74	3586	± 72
Milho QPM	3691	± 105	3647	± 103	3765	± 113	3703	± 109
Milho pré-cozido	3771	± 172	3728	± 164	3868	± 179	3803	± 170
Farelo de glúten 60	4314	± 91	4108	± 93	4420	± 93	4190	± 95
Farelo de glúten 21	2025	± 142	1937	± 134	2093	± 138	1990	± 130
Gérmen de milho (GM)	3316	± 81	3272	± 78	3381	± 83	3323	± 80
Gérmen de milho fino	3640	± 98	3588	± 99	3716	± 101	3646	± 102
GM desengordurado	2498	± 111	2448	± 109	2585	± 101	2515	± 101
Milheto 1	3323	± 162	3248	± 158	3401	± 171	3308	± 165
Milheto 2	3400	± 96	3347	± 89	3476	± 85	3406	± 81
Médias	3391	± 617	3323	± 605	3471	± 622	3384	± 609
Repetibilidade média	0,969		0,970		0,969		0,969	
Coeficiente de variação (%)	3,33		3,29		3,29		3,27	

A EMVn média foi de 61 kcal/kg de MS maior que a EMAn, mostrando a influência das energias fecal metabólica e urinária endógena sobre os valores energéticos dos alimentos. De acordo com LECLERCQ et al. (1999), a energia verdadeira é de 5 a 10% superior à aparente, sendo esta diferença influenciada pelo consumo. No presente trabalho, a diferença observada foi de 1,84%, destacando-se que, no método tradicional com pintos, o consumo foi normal, uma vez que as aves receberam alimentação à vontade.

A repetibilidade média em todas as determinações foi de 0,97, sendo semelhantes às aquelas encontradas por ALBINO et al. (1992a). Segundo o referido autor, esta repetibilidade mede a correlação entre as observações de um mesmo alimento, mostrando, então, boa correlação entre as estimativas da energia neste ensaio com pintos em crescimento. LIMA et al. (1989) encontraram maior repetibilidade (0,99) na determinação dos valores energéticos de alguns alimentos, quando utilizaram o método tradicional de coleta de excretas, com pintos em crescimento.

O valor médio da EMAn das amostras de milho (1, 2 e QPM) obtido no presente experimento (3.625 kcal/kg de MS) foi inferior àquele apresentado por ROSTAGNO et al. (1983), ALBINO et al. (1989), EMBRAPA (1991), ALBINO et al. (1992a), NRC (1994) e NASCIMENTO et al. (1998), de 3.904, 3.712, 3.786, 3.810, 3.764 e 3.783 kcal de EMAn/kg de MS, respectivamente. Esta diferença, também observada em relação à literatura referenciada, reforça as colocações de LEESON et al. (1993) de que os valores energéticos de diferentes partidas de milho são variáveis.

Dados de BAIDOO et al. (1991) mostraram que há redução linear no conteúdo de amido e no valor energético (EMAn) do milho, associada à variação sua densidade. No presente trabalho, a amostra de milho 1 apresentou densidade 4,38 e teor de amido 9,80% menor que a amostra 2; no entanto, a EMAn da amostra 2 foi 4,60% inferior (170 kcal/kg de MS), contradizendo, de certa forma, os referidos autores. Convém ressaltar que a proteína e energia brutas do milho 1, entretanto, foram 17,82 e 4,18% maiores, o que pode ter contribuído para o maior valor energético deste alimento.

Independentemente desta observação, ROSTAGNO e SILVA (1997) relataram que 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. De maneira geral, os valores de EMVn determinados neste ensaio parecem estar mais próximos daqueles de EMAn apresentados na literatura citada anteriormente.

3.3. Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada)

Os valores de EMA, EMAn, EMV e EMVn determinados com galos adultos encontram-se no Quadro 5. Nota-se que os valores de EMA e EMAn foram inferiores àqueles de EMV e EMVn, sendo coerentes com aqueles relatados por ALBINO et al. (1989) e ALBINO et al. (1992a). Entretanto, quando se aplica a correção para o balanço de nitrogênio, nota-se que a variação entre EMAn e EMVn é bem menor (8,19%) que aquela observada entre EMA e EMV (26,79%). Assim como encontrado pelos autores referenciados acima, os valores de EMA foram bem inferiores àqueles de EMAn, atribuindo-se esta inferioridade ao balanço negativo de nitrogênio, haja vista o período de jejum ao qual os galos foram submetidos (ALBINO et al., 1989). Estas observações são contrárias às obtidas por BORGES et al. (1998a,b), cujos valores de EMA foram superiores aos de EMAn. Pequena diferença (0,94%) da EMA sobre a EMAn foi observada nos dados de RAGLAND et al. (1997), quando determinaram valores energéticos do milho, da cevada, do milheto sorgo e triticales, utilizando patos adultos.

Quadro 5 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do milho, subprodutos e do milheto, determinados com galos adultos (18 meses de idade), pelo método da alimentação forçada, e seus respectivos desvios-padrão (valores expressos na matéria seca)

Alimento	EMA	EMAn	EMV	EMVn
	(kcal/kg)	(kcal/kg)	(kcal/kg)	(kcal/kg)
Milho 1	3444 ± 90	3736 ± 32	4270 ± 90	4015 ± 32
Milho 2	3028 ± 45	3419 ± 55	3866 ± 45	3701 ± 55
Milho QPM	3289 ± 84	3627 ± 56	4109 ± 84	3903 ± 56
Milho pré-cozido	3293 ± 85	3581 ± 39	4111 ± 85	3856 ± 39
Farelo de glúten 60	3772 ± 64	3982 ± 17	4561 ± 64	4248 ± 17
Farelo de glúten 21	1638 ± 84	1961 ± 88	2460 ± 130	2246 ± 88
Gérmen de milho (GM)	3134 ± 104	3509 ± 60	3945 ± 104	3782 ± 60
Gérmen de milho fino	3389 ± 88	3692 ± 42	4190 ± 88	3962 ± 42
GM desengordurado	2125 ± 95	2458 ± 94	2930 ± 95	2729 ± 94
Milheto 1	3058 ± 39	3446 ± 17	3870 ± 39	3719 ± 17
Milheto 2	3246 ± 78	3528 ± 56	4066 ± 78	3804 ± 56
Médias	3038 ± 601	3358 ± 582	3852 ± 599	3633 ± 579
Repetibilidade média	0,983	0,991	0,981	0,991
Coeficiente de variação (%)	2,64	1,67	2,22	1,54

Por outro lado, quando se observam os valores de EMV e EMVn, nota-se certa superioridade do valor médio da EMV em relação à média da EMVn (5,69%). Este percentual está de acordo com aquele observado (5,30%) nos resultados de ALBINO et al. (1992a) e inferior ao obtido (9,31%) por FISCHER JR. et al. (1998). De maneira geral, outros resultados encontrados na literatura mostram o mesmo comportamento (DALE e FULLER, 1984; ALBINO et al., 1989; RAGLAND et al., 1997; e BORGES et al., 1998a,b). De acordo com WOLYNETZ e SIBBALD (1984), esta diferença entre a EMV e a EMVn é atribuída à maior perda de nitrogênio endógeno pelas aves em jejum em comparação às que estão recebendo os alimentos. As perdas endógenas e metabólicas medidas em aves em jejum são maiores que aquelas usadas para se determinar a EMV.

Segundo DALE e FULLER (1984), o balanço de nitrogênio negativo das aves jejuadas, quando multiplicado pelo fator de correção, reduz a estimativa da energia endógena perdida, normalmente em mais de 50%. Assim, em virtude deste valor ser subtraído da energia da excreta de aves alimentadas, os valores de EMVn tornam-se menores que os de EMV.

O valor médio da EMVn das amostras de milho 1, 2 e QPM (3.873 kcal/kg de MS) foi inferior àqueles relatados por ALBINO et al. (1989), ALBINO et al. (1992e) e FISCHER JR. et al. (1998), de 4.010, 3.940 e 3.937 kcal de EMVn/kg de MS, respectivamente. Quando comparada aos valores de EMAn apresentados nas tabelas nacionais, nota-se que a média obtida no presente ensaio foi inferior (31 kcal/kg de MS) à apresentada por ROSTAGNO et al. (1983) (3.904 kcal de EMAn/kg de MS) e semelhante àquela contida na tabela da EMBRAPA (1991) (3.876 kcal de EMAn/kg de MS). O milho pré-cozido apresentou valor de EMVn bem similar (3.856 kcal/kg de MS) à média das amostras de milho. Quando comparada às tabelas estrangeiras, a EMVn média dos milhos foi inferior ao valor do NRC (1994) em 26 kcal/kg de MS e semelhante àquela de EMAn descrita por DALE (1999). A EMVn do farelo de glúten 21, relacionada à EMAn citada por DALE (1999), foi 12,92% superior (1.989 kcal de EMAn/kg de MS x 2.246 kcal de EMVn/kg de MS).

A EMVn determinada no presente ensaio para o farelo de glúten 60 foi 1,48% inferior ao valor obtido por ALBINO et al. (1989), 6,31% superior àquele relatado por FISCHER JR. et al. (1998) e 2,21% superior à EMAn descrita

recentemente por DALE (1999). O milho, por sua vez, teve EMVn média (3.762 kcal/kg) 3,00% menor que aquela (3.875 kcal/kg) descrita por RAGLAND et al. (1997), determinada com patos adultos.

Com exceção do gérmen desengordurado, com valor energético (2.729 kcal de EMVn/kg de MS) mais baixo, as demais amostras de gérmen de milho apresentaram EMVn média semelhante à dos milhos (3.872 x 3.873 kcal/kg de MS, respectivamente). O resultado observado para o gérmen desengordurado era esperado, uma vez que o processo de desengorduramento resultou em baixo teor de extrato etéreo nesta amostra (1,29%), quando comparada às demais (5,76 e 8,24%, respectivamente, para o gérmen comum e o gérmen de milho fino).

De maneira geral, quando se observam as determinações dos valores energéticos com galos adultos, pode-se constatar que a repetibilidade média da EMVn foi superior àquela obtida no método tradicional com pintos em crescimento (0,991 x 0,969), mostrando boa correlação nas observações de cada alimento. Estes valores encontrados para a repetibilidade média foram superiores àqueles descritos por ALBINO et al. (1992a), que encontraram valor de 0,979, quando trabalharam com galos adultos, usando o método de alimentação forçada.

3.4. Predição das EMAn e EMVn determinadas com pintos

O uso de equações que possam estimar o valor energético dos alimentos, fundamentado em sua composição química, é uma alternativa indireta de se medir a energia e, sem dúvida, de grande valia. Nos Quadros 6 e 7, estão apresentadas as equações calculadas para estimar os valores de EMAn e EMVn do milho e de alguns subprodutos, nas quais foram utilizados, como variáveis independentes, proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) ou fibra em detergente ácido (FDA) e neutro (FDN), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), amido, densidade e diâmetro geométrico médio (DGM) dos alimentos.

Na estimativa das equações, utilizou-se o Método de Eliminação Indireta (Backward), que fornece a contribuição de cada variável dentro da análise de regressão múltipla. O método mostra a equação que melhor representa a variável

dependente estudada e, por intermédio da significância do teste T, exclui a variável que menos está contribuindo na determinação do valor energético, até que se obtenha uma equação com apenas uma variável (NUNES, 1999).

No geral, observou-se que as equações com maior número de variáveis no modelo apresentaram coeficientes de determinação (R^2) mais elevados, sendo 0,98 para as equações com sete variáveis, comparados a 0,92 (EMAn) e 0,86 (EMVn) nas equações com uma variável apenas. Somente foram consideradas as equações em que todos os componentes do modelo apresentassem significância a 5% de probabilidade no teste T.

Deve-se salientar, porém, que 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 é possível. 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).

A matéria mineral foi a variável que melhor se correlacionou com os valores energéticos, participando de praticamente todas as equações estimadas, exceto naquela em que a FDN participou isoladamente. Apesar de se correlacionar negativamente conteúdo de energia dos alimentos, a correlação da MM com as EMAn e EMVn foi alta, correspondendo a 92,9 e 92,6%, respectivamente. Recentemente, NUNES (1999) concluiu que as equações contendo as variáveis PB e FDN foram melhores na estimativa da EM. No entanto, o referido autor também observou que a MM e o EE foram boas variáveis para prever o conteúdo energético dos alimentos. O NRC (1994) apresenta equações para prever a EMAn do milho e do farelo de glúten 60 com as variáveis PB, EE e extrato não-nitrogenado. Para o farelo de glúten 21, a equação ficou composta com a MM, PB, EE e FB.

Quadro 6 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) do milho e subprodutos, determinados com pintos, em função da composição dos alimentos e suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
-4403,76	----	----	-161,48	+198,24	+393,53	-687,19	-49,98	+15,19	-1,78	0,98
+4884,46	+5,57	-155,50	----	----	----	-146,84	----	-1,03	-0,315	0,98
+2827,48	----	----	----	----	+82,33	-188,04	-2,29	+1,88	-0,483	0,98
+2531,17	----	----	----	----	+93,40	-175,48	----	+2,07	-0,543	0,97
+4887,27	-5,42	----	----	-32,74	----	-127,52	-8,15	----	----	0,97
+5167,33	-8,62	-131,97	----	----	----	-183,43	-14,71	----	----	0,97
+4221,71	+4,37	-109,20	----	----	----	-153,97	----	----	-0,391	0,97
+4466,32	----	----	----	-33,51	----	-109,11	-3,33	----	----	0,97
+4502,52	----	-128,70	----	----	----	-161,81	-7,24	----	----	0,96
+4281,55	----	----	----	-39,97	----	-72,90	----	----	----	0,96
+4354,77	----	-112,05	----	----	----	-151,74	----	----	-0,464	0,95
+4337,27	----	----	----	-55,17	----	----	----	----	----	0,94
+4273,47	----	----	----	----	+35,16	-229,28	----	----	-0,537	0,94
+4431,87	----	----	----	----	----	-230,71	----	----	-0,554	0,92
+4453,34	----	----	----	----	----	-253,84	-7,81	----	----	0,92
+4021,80	----	----	----	----	----	-227,55	----	----	----	0,92
Correlações	0,1649	-0,9192	-0,1328	-0,9702	0,1785	-0,9289	0,1837	0,5799	-0,1944	----

Quadro 7 - Equações de predição dos valores energéticos (EMVn) do milho e subprodutos, determinados com pintos, em função da composição dos alimentos, e suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
-4141,92	----	----	-161,50	+194,52	+384,18	-679,19	-50,19	+15,00	-1,76	0,98
+4919,50	+5,76	-155,40	----	----	----	-146,42	----	-0,970	-0,335	0,98
+2878,89	----	----	----	----	+81,89	-188,20	-2,51	+1,94	-0,500	0,98
+2554,23	----	----	----	----	+94,02	-174,44	----	+2,15	-0,566	0,97
+4292,51	+4,62	-111,60	----	----	----	-153,16	----	----	-0,406	0,97
+5226,84	-8,32	-135,19	----	----	----	-182,03	-14,73	----	----	0,97
+4547,35	----	----	----	-34,52	----	-106,48	-3,49	----	----	0,97
+4584,86	----	-132,04	----	----	----	-161,15	-7,51	----	----	0,96
+4353,93	----	----	----	-41,29	----	-68,57	----	----	----	0,96
+4433,20	----	-114,62	----	----	----	-150,81	----	----	-0,484	0,95
+4406,34	----	----	----	-55,58	----	----	----	----	----	0,94
+4360,49	----	----	----	----	+33,64	-230,21	----	----	-0,560	0,94
+4512,06	----	----	----	----	----	-231,58	----	----	-0,576	0,92
+4637,00	----	----	----	----	----	-255,57	-8,10	----	----	0,91
+4085,66	----	----	----	----	----	-228,30	----	----	----	0,86
Correlações	0,1730	-0,9191	-0,1244	-0,9713	0,1729	-0,9261	0,1761	0,5845	-0,2027	----

No presente trabalho, nota-se que as equações com as variáveis PB, FB ou FDN, MM e amido (Quadros 8 e 9) apresentaram bons ajustes, com elevados valores de R^2 , mostrando que mais de 95% da variabilidade nos valores de EMAn e EMVn são explicados por estas variáveis. Quando se observa a média da soma do quadrado dos desvios das estimativas, nota-se que há aumento desta, à medida que se diminui o R^2 . Logicamente, maiores valores do coeficiente de determinação representam melhor explicação das variações.

Quadro 8 - Estimativas dos valores de EMAn do milho e subprodutos, determinadas com pintos, por meio das equações de predição dos valores energéticos em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

EMAn ₁ = 4887,27 - 5,42PB - 32,74FDN - 127,52MM - 8,15AMIDO	$R^2 = 0,97$				
EMAn ₂ = 5167,33 - 8,62PB - 131,97FB - 183,43MM - 14,71AMIDO	$R^2 = 0,97$				
EMAn ₃ = 4466,32 - 33,51FDN - 109,11MM - 3,33AMIDO	$R^2 = 0,97$				
EMAn ₄ = 4281,55 - 39,97FDN - 72,90MM	$R^2 = 0,96$				
Alimento	EMAn ¹	EMAn ₁ ²	EMAn ₂ ²	EMAn ₃ ²	EMAn ₄ ²
Milho 1	3699	3555	3661	3564	3562
Milho 2	3529	3550	3772	3604	3668
Milho QPM	3647	3641	3650	3637	3650
Milho pré-cozido	3728	3786	3702	3758	3770
Farelo de glúten 60	4108	4113	4116	4152	4043
Farelo de glúten 21	1937	1935	1913	1935	1863
Gérmen de milho (GM)	3272	3409	3469	3382	3378
Gérmen de milho fino	3588	3517	3500	3445	3465
GM desengordurado	2448	2449	2475	2480	2558
Médias	3328	3328	3329	3329	3329
Médias da soma do quadrado dos desvios		5364	5917	6696	9791

¹ Energia metabolizável aparente corrigida, observada *in vivo* no ensaio com pintos em crescimento.

² Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

Quadro 9 - Estimativas dos valores de EMVn do milho e subprodutos, determinados com pintos, por intermédio das equações de predição dos valores energéticos, em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

Alimento	EMVn ¹	EMVn ₁ ²	EMVn ₂ ²	EMVn ₃ ²	EMVn ₄ ²
Milho 1	3755	3721	3619	3740	3617
Milho 2	3586	3532	3662	3611	3730
Milho QPM	3703	3708	3695	3705	3708
Milho pré-cozido	3803	3760	3820	3719	3832
Farelo de glúten 60	4190	4197	4231	4253	4117
Farelo de glúten 21	1990	1967	1987	1981	1912
Gérmen de milho (GM)	3323	3528	3441	3490	3436
Gérmen de milho fino	3646	3563	3514	3442	3535
GM desengordurado	2515	2537	2541	2571	2623
Médias	3390	3390	3390	3390	3390
Médias da soma do quadrado dos desvios		6220	6450	9383	9865

¹ Energia metabolizável verdadeira observada *in vivo* no ensaio com pintos em crescimento.

² Estimativas da EMVn pelas equações de predição.

3.5. Predição das EMVn determinadas com galos adultos

No Quadro 10, estão apresentadas as equações estabelecidas em função da composição do alimentos, para predizer os valores energéticos (EMVn) do milho e alguns subprodutos, determinados com galos adultos pelo método da alimentação forçada. Assim como observado nas equações de predição das EMAn e EMVn, obtidas com pintos em crescimento, pode-se observar que os modelos com maior número de variáveis apresentaram melhor R².

Quadro 10 - Equações de predição dos valores energéticos (EMVn) do milho e subprodutos, determinados com galos adultos, em função da composição dos alimentos, e suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
-10328,3	----	----	-333,88	+377,80	+678,15	-1135,41	-99,82	+27,17	-2,620	0,99
+7614,54	----	-307,93	----	----	-69,70	-120,55	-7,802	-3,69	0,169	0,99
+4187,17	-59,69	----	+203,81	-54,71	+117,61	-107,70	----	----	----	0,99
+5814,90	----	-200,69	----	----	----	-134,84	-5,20	-1,67	----	0,99
+5283,87	-10,46	-127,51	----	----	+27,62	-171,63	-14,07	----	----	0,99
+5970,97	-16,98	-134,31	----	----	----	-189,47	-20,75	----	----	0,98
+2646,13	----	----	----	----	+117,77	-167,14	----	+1,85	-0,295	0,97
+4234,28	----	----	----	-27,58	+50,18	-107,54	----	----	----	0,97
+5581,74	----	-215,43	----	----	----	-111,20	----	-1,84	----	0,96
+2436,41	----	----	----	----	+119,44	-165,94	----	+1,83	----	0,95
+4660,92	----	-127,87	----	----	----	-146,87	-60,19	----	----	0,95
+4485,13	----	----	----	-34,20	----	-83,83	----	----	----	0,94
+3981,79	----	----	----	----	+67,88	-213,56	----	----	----	0,92
+4250,22	----	-136,60	----	----	----	-120,48	----	----	----	0,91
+4549,20	----	----	----	-51,67	----	----	----	----	----	0,91
+4262,94	----	----	----	----	----	-216,12	----	----	----	0,86
Correlações	0,1056	-0,9212	-0,1957	-0,9548	0,2907	-0,9270	0,2066	0,5077	-0,0997	----

No entanto, a complexidade destes modelos pode inviabilizar sua aplicação, visto que, como mencionado anteriormente, nem todas as análises estão sempre disponíveis.

Semelhante ao observado nas equações anteriores, a MM foi a variável que melhor se correlacionou nas estimativas da EMVn, com alta correlação negativa (93%), participando de quase todos modelos, excluindo-se somente daquele composto com a FDN apenas.

No Quadro 11, nota-se que a equação com as variáveis PB, FDA, FDN, EE e MM explicaram mais de 99% da variação nos valores de EMVn ($R^2 = 0,99$), mostrando boas estimativas, o que pode ser observado por meio da média do somatório do quadrado dos desvios. Entretanto, observa-se também que as equações com FDN, EE e MM explicaram quase 97% do ajuste ($R^2 = 0,97$). SIBBALD et al. (1980) observaram que as equações com combinação das variáveis EE, FB e MM ou EE, PB e extratos não-nitrogenados foram úteis na predição da EMV, explicando aproximadamente 80% da variação. Ao se compararem esses dados com os do presente trabalho, nota-se melhor ajuste das equações, as quais apresentaram maiores valores de R^2 . A equação com a variável MM isoladamente teve R^2 equivalente a 0,86, superior à variabilidade descrita por SIBBALD et al. (1980).

DOLZ e DE BLAS (1992) obtiveram boas predições da EMAn e EMVn da farinha de carne e ossos, quando utilizaram EE e PB no modelo. Já AZEVEDO (1996) notou melhor predição da energia, quando utilizou a PB e a proteína digestível em pepsina a 0,02%. No entanto, é possível notar que as variáveis que fazem parte do modelo variam em função da origem e composição do alimento, ou grupo de alimentos para o qual as equações são estimadas.

Quadro 11 - Estimativas dos valores de EMVn do milho e subprodutos, determinados com galos adultos, por meio de equações de predição dos valores energéticos, em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

EMV _{n1} = 4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,70MM						R ² = 0,99
EMV _{n2} = 5814,90 - 200,69FB - 134,84MM - 5,20AMIDO - 1,67DENS						R ² = 0,99
EMV _{n3} = 5283,87 - 10,46PB - 127,51FB + 27,62EE - 171,63MM - 14,07AMIDO						R ² = 0,99
EMV _{n4} = 4234,28 - 27,58FDN + 50,18EE - 107,54 MM						R ² = 0,97
Alimento	EMV _{n1} ¹	EMV _{n1} ²	EMV _{n2} ²	EMV _{n3} ²	EMV _{n4} ²	
Milho 1	4015	3969	3899	3880	3788	
Milho 2	3701	3682	3748	3724	3875	
Milho QPM	3903	3922	3967	3934	3954	
Milho pré-cozido	3856	3863	3869	3915	3915	
Farelo de glúten 60	4248	4254	4261	4255	4214	
Farelo de glúten 21	2246	2231	2246	2234	2275	
Gérmen de milho (GM)	3782	3850	3786	3822	3801	
Gérmen de milho fino	3962	3920	3953	3929	3920	
GM desengordurado	2727	2751	2734	2745	2699	
Médias	3605	3605	3607	3604	3604	
Médias da soma do quadrado dos desvios		983	2510	3122	11265	

¹ Energia metabolizável verdadeira observada *in vivo* no ensaio com galos adultos.

² Estimativas da EMVn pelas equações de predição.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Dois ensaios biológicos foram conduzidos no Laboratório Animal do DZO/UFV, com objetivo de determinar os valores de energia metabolizável de 11 alimentos (entre amostras de milho e seus subprodutos e do milheto), utilizando o método tradicional de coleta total de excretas, com pintos dos 22 aos 26 dias de idade, e o método de alimentação forçada, com galos Leghorne adultos (método Sibbald) de 18 meses de idade. A partir dos resultados experimentais obtidos, foram estabelecidas equações para prever os valores energéticos do milho e seus subprodutos (milhos 1, 2, QPM e pré-cozido, farelo de glúten 60 e farelo de glúten 21, gérmen de milho, gérmen de milho fino e gérmen de milho desengordurado), em função da composição química deste grupo de alimentos. No primeiro ensaio, utilizaram-se 540 pintos Hubbard machos, distribuídos em baterias metálicas, em um delineamento inteiramente casualizado, no qual quatro repetições de 10 aves cada receberam as rações experimentais (11 alimentos), exceto a ração referência, a qual foi fornecida a seis repetições. Um grupo de quatro repetições de 10 aves foi mantido em jejum por 48 horas, para medir as perdas endógenas e metabólicas, sendo este período corrigido para os cinco dias de coleta de excretas. No segundo ensaio, cada um dos 11 alimentos foi fornecido a seis galos, sendo a unidade experimental composta por dois galos, os quais receberam 15 g do alimento pela manhã (8 h) e 15 g à tarde (16 h), após terem sofrido um período de jejum de 24 horas, para esvaziamento do trato digestivo. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum, para determinação das perdas endógenas e

metabólicas. Após determinados os valores energéticos, estabeleceram-se equações para prever as EMAn e EMVn obtidas com pintos e a EMVn com galos, utilizando-se a composição dos alimentos em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) ou fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), amido, densidade e diâmetro geométrico médio das partículas (DGM). Os resultados obtidos nos dois ensaios permitiram concluir que os valores energéticos das amostras de milho 1, 2, QPM e pré-cozido, farelo de glúten 60 e 21, gérmen de milho, gérmen de milho fino, gérmen de milho desengordurado e milhetos 1 e 2 foram 3.699 e 4.015; 3.529 e 3.701; 3.647 e 3.903; 3.728 e 3.856; 4.108 e 4.248; 1.937 e 2.246; 3.272 e 3.782; 3.588 e 3.962; 2.448 e 2.729; 3.248 e 3.719; e 3.347 e 3.804 kcal/kg de MS, respectivamente, para as EMAn determinadas com pintos e EMVn com galos adultos; o milheto é um alimento alternativo ao milho, com valores energéticos pouco inferiores; as equações ajustadas com duas a quatro variáveis fazem boas previsões dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho, com valores de R^2 superiores a 91%; as equações contendo a FDN e MM ou FB e MM são boas preditoras dos valores de EMAn obtidos com pintos e EMVn com galos, para o milho e seus subprodutos, sendo: EMAn = $4281,6 - 39,97\text{FDN} - 72,90\text{MM}$ ($R^2 = 0,96$) ou $4354,8 - 112,05\text{FB} - 151,74\text{MM}$ ($R^2 = 0,95$) e EMVn = $4485,1 - 34,20\text{FDN} - 83,83\text{MM}$ ($R^2 = 0,94$) ou $4250,22 - 136,60\text{FB} - 120,48\text{MM}$ ($R^2 = 0,91$).

CAPÍTULO 3

VALORES ENERGÉTICOS DA SOJA E DE SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM PINTOS E GALOS ADULTOS

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais objetivos da produção animal é a transformação de alimentos menos palatáveis em alimentos de alto valor nutritivo e apreciados pela maioria da população humana. Isto, porém, somente é possível por meio da seleção genética e melhora no manejo da criação, associadas à nutrição adequada (LOBLEY, 1998). Dessa forma, a constante busca pelos nutricionistas em formular rações mais eficientes e economicamente viáveis aumenta a necessidade de pesquisas concernentes à composição química e aos valores energéticos dos alimentos, permitindo que os objetivos almejados na formulação de rações sejam atendidos.

A energia presente nos alimentos é um produto resultante da transformação dos nutrientes, pelo metabolismo, sendo um dos fatores mais importantes a ser considerado na nutrição animal. Entre os nutricionistas há o consenso de que a energia é um dos fatores limitantes do consumo, utilizada nos diferentes processos que envolvem desde a manutenção das aves até o máximo potencial produtivo (FISCHER JR. et al., 1998a).

Normalmente, a energia contida nos alimentos é expressa em termos de energia metabolizável aparente (EMA) e, entre os vários métodos utilizados na sua estimativa, o tradicional de coleta de excretas com pintos em crescimento (SIBBALD e SLINGER, 1963) é o mais comum. No entanto, na tentativa de reduzir os problemas relacionados à medição de consumo de

ração e ao tempo dos ensaios, SIBBALD (1976a) desenvolveu o método de alimentação forçada, no qual galos adultos são forçados a ingerir quantidade conhecida do alimento teste, e corrigiu a energia excretada, considerando as energias fecal metabólica e urinária endógena, obtidas com galos em jejum, denominando-a de verdadeira (EMV). Independentemente do método utilizado, é usual a correção dos valores energéticos para balanço de nitrogênio igual a zero, uma vez que o nitrogênio retido no corpo, se catabolizado, é excretado na forma de compostos que contêm energia como o ácido úrico (SIBBALD, 1982).

Assim, a determinação dos valores de energia metabolizável dos alimentos é de suma importância, por ser a forma mais utilizada no cálculo de rações para aves. A precisão destes valores está diretamente relacionada com o método de determinação dos valores energéticos, e valores precisos são imprescindíveis nas formulações (ALBINO, 1991). No entanto, conforme citado por ROSTAGNO (1990), a determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica, que nem sempre estão disponíveis para as indústrias de ração do país. Nesse caso, as equações de predição podem ser de grande valia. Há vários anos, a possibilidade de se utilizarem equações para predizer os valores energéticos dos alimentos tem sido alvo de pesquisas, nas quais vários pesquisadores têm desenvolvido equações para estimar a energia metabolizável por meio de sua composição proximal (NRC, 1994).

O presente trabalho teve como objetivo determinar os valores energéticos da soja e subprodutos, por intermédio dos métodos tradicional de coleta de excretas, com pintos em crescimento, e de alimentação da forçada, com galos adultos, estimando-se, posteriormente, a partir dos resultados experimentais obtidos, equações para predizer as EMAn e EMVn, em função da composição química deste grupo de alimentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) de oito alimentos à base de soja, adquiridos em empresas comerciais, sendo quatro marcas de farelo de soja encontradas no comércio (denominados farelos de soja 1, 2, 3 e 4), farelo de soja texturizado, soja integral “Jet Sploder”, soja integral tostada e soja micronizada, foram utilizados dois ensaios biológicos – um com pintos em crescimento (método tradicional de coleta total de excretas), no período de 30/12/97 a 10/01/98, e outro com galos adultos (método da alimentação precisa), de 11/10/97 a 01/11/97, conduzidos no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Os grãos de soja (integral, “Jet Sploder” e micronizada) e o farelo texturizado foram processados conforme descrito a seguir:

- a) Soja integral tostada: os grãos passam por uma pré-limpeza e são aquecidos em uma máquina de aplicação de calor, a 170°C, por um período de 1,5 minutos. Posteriormente, são conduzidos a um silo apropriado (isolado termicamente), no qual permanecem por um período de 30 minutos, com temperatura inicial de 170°C e, aproximadamente, 150°C no final, sendo posteriormente retirados e naturalmente resfriados para a temperatura ambiente. É considerada comercialmente como uma soja integral supertostada e destinada à alimentação de ruminantes;
- b) Soja integral “Jet Sploder”: os grãos passam por um processo de limpeza, sendo conduzidos a um reator hermeticamente fechado, no qual a massa de grãos é aquecida por injeção direta de vapor e por camisa de aquecimento até uma temperatura adequada (105 - 110°C por 60 minutos). Após o cozimento, é aplicado vácuo ao reator, para reduzir a temperatura do grão, e posteriormente os grãos são conduzidos a um resfriador vertical, que reduz a temperatura dos grãos ainda aquecidos, até a temperatura ambiente;

- c) Soja micronizada: também denominada de farinha integral de soja micronizada ou extrato solúvel de soja. Os grãos selecionados são limpos para remover impurezas, grãos avariados, esverdeados, queimados e atacados por fungos, sendo posteriormente submetidos a um tratamento térmico seco, descascados e moídos em moinhos de martelos, e após, em moinhos cilíndricos, que possibilitam reduzir o produto a uma granulometria de 30 - 35 microns, o que origina o termo micronizada; e
- d) Farelo de soja texturizado: é um subproduto cuja matéria-prima para produção é o farelo de soja desengordurado, oriundo da indústria de extração do óleo. Os grãos quebrados e descascados são condicionados por meio do uso de vapor direto e indireto, à temperatura de 70 - 75°C, por aproximadamente 30 minutos, no qual o conteúdo de umidade é ajustado em aproximadamente 11%. Após este processo, ocorre a laminação e, posteriormente, a extração do óleo com solvente, retirando-se o máximo de solvente residual para evitar sabor e odor desagradáveis. O farelo de soja desengordurado entra em um extrusor, no qual passa por aproximadamente 1 a 1,5 minutos, em que a temperatura alcançada é de 121 a 141°C. O termo texturizada vem do processo de extrusão e o produto final é comercializado em flocos ou finamente moído (120 a 160 microns), sendo este último utilizado no presente trabalho.

2.1. Determinação dos valores energéticos pelo método de coleta total de excretas

As aves foram criadas em galpão de alvenaria no Setor de Avicultura do DZO até 14 dias de idade, período no qual receberam uma ração inicial de frangos de corte à base de milho e farelo de soja, apresentando peso médio de $355,0 \pm 2,2$ g, aos 14 dias de idade. As aves foram então transferidas para baterias dispostas em uma sala de 80 m^2 , com 4,0 m de pé direito e janelas de vidro, e distribuídas aleatoriamente aos boxes das baterias, nos quais receberam as rações com os alimentos a serem testados e luz natural e, ou, artificial por 24 horas.

Foram utilizados 420 pintos machos da linhagem Hubbard, que receberam as rações experimentais com os oito alimentos mencionados acima e a ração referência apresentada no Capítulo 2 (Quadro 1), na qual os alimentos substituíram em 30%, devido ao seu elevado conteúdo de PB. Determinaram-se, para cada alimento, os valores de EMA, EMAn, EMV e EMVn, em quatro repetições de 10 aves cada, com exceção da ração referência, a qual foi fornecida a seis repetições de 10 aves, por ser fundamental nos cálculos dos valores energéticos. As temperaturas, mínima e máxima, médias registradas no período experimental foram $24,3 \pm 1,1^\circ\text{C}$ e $31,8 \pm 1,4^\circ\text{C}$, respectivamente.

Rações e água foram fornecidas à vontade por um período de 12 dias, sendo sete dias de adaptação e cinco de coleta total de excretas em cada unidade experimental, a qual foi realizada duas vezes ao dia (8 e 16 h) para evitar fermentações. No período de coleta (22 a 26 dias de idade), as bandejas foram revestidas com plástico sob o piso de cada gaiola, a fim de evitar perdas. Simultaneamente, foram mantidas em jejum quatro repetições de 10 aves, por um período de 24 horas, para limpar o trato digestivo, e por mais 48 horas, para determinação das perdas endógenas e metabólicas, cujos valores foram corrigidos para o período de cinco dias, equivalente ao período de coleta de excretas, para se determinarem os valores de EMV e EMVn.

O consumo de ração de cada unidade experimental, durante o período de coleta, foi registrado e as excretas coletadas foram colocadas em sacos

plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Então, as amostras foram pesadas, homogeneizadas e retiradas as alíquotas devidas para as análises de MS, N e EB, após pré-secagem, em estufa ventilada a 55°C, por um período de 72 horas. Os valores energéticos foram determinados conforme a fórmula de MATTERSON et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio, de acordo com as fórmulas descritas no Capítulo 2.

Determinaram-se, para cada alimento, os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), energia bruta (EB), fibra bruta (FB), fibras em detergente ácido e neutro (FDA e FDN), matéria mineral (MM), cálcio (Ca), fósforo (P), sódio (Na), potássio (K), magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), conforme as técnicas descritas por SILVA (1990). O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por NELSON (1944), e o selênio (Se), por intermédio da metodologia descrita por AMERLIN et al. (1998). Também foram realizadas análises físicas para se determinarem o DGM e a densidade dos alimentos, semelhante ao descrito no Capítulo 2.

A atividade ureática e a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2% das sojas integral e subprodutos foram determinadas conforme metodologia recomendada por BRASIL (1998).

2.2. Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada

Foi utilizado o método da alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (SIBBALD, 1976a), utilizando-se galos Leghorne adultos, com 18 meses de idade e peso médio de 2352 ± 205 g. Cada um dos oito alimentos descritos no ensaio I foi fornecido a seis galos, repetidos três vezes no tempo, sendo dois galos por unidade experimental, observando-se que cada galo não deveria receber o mesmo alimento duas vezes. Simultaneamente, foram mantidas em jejum três repetições de dois galos, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Foi utilizado um intervalo de quatro dias entre cada repetição, para descanso dos galos, os quais

receberam uma ração de terminação de frangos de corte, visando melhor recuperação.

Antes do período experimental, os galos foram alojados nas baterias e passaram por um período de adaptação, no qual receberam alimentação em dois turnos de 1 hora, às 8 e 16 h, visando à dilatação do papo. Em seguida, foram mantidos em jejum por 24 horas, com o objetivo de esvaziar o trato digestivo, e, então, forçados a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo. Foram fornecidos 15 g dos alimentos às 8 h e 15 g às 16 h, para evitar regurgitações.

As bandejas sob o piso das gaiolas foram revestidas com plástico, semelhante ao ensaio I, e a coleta de excretas foi realizada às 8 e 16 h, para evitar fermentações, por um período de 56 horas, após iniciado o fornecimento dos alimentos. As excretas foram acondicionadas e analisadas e os valores energéticos, calculados conforme descrito para o ensaio I.

2.3. Predição dos valores energéticos em função da composição química e física dos dos alimentos

Após determinada a composição dos alimentos e obtidos os valores energéticos (EMAn e EMVn), determinados nos ensaios I e II, foram estimadas equações para prever a energia metabolizável deste grupo de alimentos, a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou *Backward*, por intermédio do pacote SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, versão 5.0 (UFV, 1992). Utilizaram-se na predição das equações os valores de PB, FB (ou FDA e FDN), EE, MM, amido, DGM e densidade dos alimentos testados.

Para obter equações de maior precisão, adotaram-se o teste T e significância de 5% de probabilidade, para cada variável componente do modelo. As equações foram desenvolvidas passo a passo pelo método, e somente foram consideradas aquelas em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição dos alimentos

A composição química, a densidade e o diâmetro geométrico médio (DGM) das sojas integral e subprodutos encontram-se no Quadro 1 e a composição mineral (macro e microminerais), no Quadro 2.

Observam-se variações na composição química e em minerais dos alimentos, quando os valores analisados foram comparados às atuais tabelas da literatura nacional (ROSTAGNO et al., 1983; EMBRAPA, 1991; e BRASIL, 1996) e estrangeira (NRC, 1994 E 1998; LEESON e SUMMERS, 1997; DALE, 1999; e BATH et al., 1999). De acordo com BATH et al. (1999), a composição dos alimentos varia devido às diferenças no clima, às condições de solo, à maturidade e variedades, além de fatores de processamento. Segundo ALBINO e SILVA (1996), as condições de processamento dos subprodutos podem resultar em variações na composição dos alimentos.

De certa forma, quando se observa a composição das amostras de farelo de soja, os resultados tendem a ser similares. Pela composição apresentada, o farelo de soja texturizado parece ser mais similar ao grupo dos farelos, no qual, com exceção do extrato etéreo, do DGM e das fibras (FB, FDA e FDN), os demais componentes foram relativamente semelhantes. A soja micronizada também apresentou teor de FB inferior aos demais alimentos analisados neste grupo.

Pela classificação descrita por NUNES (1999), três amostras de farelo de soja (farelos 1, 2 e 3) apresentaram DGM grosso (maior que 832,7 μm), assim como a soja integral “Jet Sploder”. Uma das amostras de farelo de soja (farelo 4) e a soja integral tostada apresentaram DGM médio (entre 375,3 e 832,7 μm) e os farelos de soja texturizado e soja micronizada, DGM fino (menor que 375,3 μm). Apesar da ampla variação no DGM, mais de 1.000 pontos percentuais, entre o maior e menor valor observado (1196,3 e 105,9 μm), a densidade dos alimentos foi, aparentemente, mais uniforme, com diferença de 43,57% entre a amostra de farelo de soja 3 (686,1 g/L) e a soja micronizada (477,9 g/L). Destaca-se, ainda, um conteúdo de selênio 106,8 e 93,2% superior das sojas micronizada e farelo texturizado, respectivamente, quando comparado à média das demais amostras.

Os valores da atividade ureática e da solubilidade da proteína em hidróxido de potássio a 0,2% das amostras de soja e farelos estão apresentados no Quadro 3.

Quadro 1 - Composição química e física da soja integral e subprodutos

Alimento	Composição ^{1,2}										
	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EB (kcal/kg)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM µm
Farelo de soja 1	89,17	44,09	2,33	5,58	4,79	7,57	14,47	4029	15,19	639,3	1196,3
Farelo de soja 2	89,37	43,43	1,65	5,52	5,69	7,75	14,85	4069	13,11	675,2	1096,3
Farelo de soja 3	89,66	44,51	2,58	6,05	6,47	8,56	14,13	4059	12,68	686,1	858,3
Farelo de soja 4	89,35	46,43	2,21	5,69	4,49	7,70	14,45	4116	14,41	672,7	725,3
Farelo de soja texturizado	93,65	49,30	0,69	5,61	0,43	1,33	4,03	4280	12,33	595,5	105,9
Soja integral "Jet Sploder"	90,18	36,96	17,05	4,30	4,78	6,72	12,21	4904	9,48	543,9	1133,4
Soja integral tostada	92,35	37,97	22,06	4,46	6,29	16,12	22,09	5199	10,16	612,0	586,3
Soja micronizada	93,48	38,53	23,23	4,24	0,10	3,95	15,65	5342	9,68	477,9	167,8

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

² MS - matéria seca; PB - proteína bruta; EE - extrato etéreo; MM - matéria mineral; FB - fibra bruta; FDA - fibra em detergente ácido; FDN - fibra em detergente neutro; EB - energia bruta; Dens. - densidade; e DGM - diâmetro geométrico médio.

Quadro 2 - Composição de macro e microminerais da soja e subprodutos

Alimento	Composição ¹									
	Ca	P	K	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	Cu	Se ²
	(%)	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
Farelo de soja 1	0,24	0,54	1,79	0,20	41,55	114,85	45,83	16,85	16,85	72
Farelo de soja 2	0,29	0,45	1,79	0,18	46,38	164,62	47,19	17,52	12,78	51
Farelo de soja 3	0,45	0,48	1,74	0,26	48,18	142,83	47,07	25,02	18,56	68
Farelo de soja 4	0,26	0,50	1,86	0,19	59,15	264,30	47,80	22,25	14,92	47
Farelo de soja texturizado	0,25	0,51	1,98	0,20	56,47	154,24	56,66	40,64	17,70	113
Soja integral "Jet Sploder"	0,23	0,39	1,57	0,16	28,59	213,37	36,88	17,49	15,33	47
Soja integral tostada	0,14	0,42	1,65	0,15	98,54	127,72	45,07	24,75	11,17	66
Soja micronizada	0,13	0,44	1,65	0,16	43,75	57,77	41,79	23,37	13,74	121

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFLA - Lavras/MG.

² Análises realizadas no Laboratório do Instituto de Pesquisas Nucleares e Energéticas - IPEN - USP/SP.

Quadro 3 - Atividade ureática e solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) a 0,2%, das amostras de soja e subprodutos¹

Alimento	Atividade ureática	Solubilidade da proteína em KOH 0,2%
Farelo de soja 1	0,01	91,21
Farelo de soja 2	0,04	83,33
Farelo de soja 3	0,05	88,17
Farelo de soja 4	0,05	90,43
Farelo de soja texturizado	0,01	88,57
Soja integral Jet Sploder	0,02	65,38
Soja integral tostada	0,04	60,98
Soja micronizada	0,05	87,80

¹ Análises realizadas na Companhia de Premix COGRAN LTDA - Pará de Minas/MG.

Nota-se que, com exceção das amostras de farelos de soja 3 e 4 e soja micronizada, a atividade ureática dos demais alimentos foi relativamente baixa, estando abaixo do limite inferior dos padrões referidos na literatura (0,05 a 0,20, citados por LEESON e SUMMERS, 1997). Entretanto, ARABA e DALE (1990a) observaram que o ganho de peso de pintos de 1 a 21 dias de idade não diferiu, quando receberam dietas contendo farelos de soja, com atividade ureática variando de 0,02 a 0.

Os maiores valores de solubilidade da proteína em KOH 0,2% foram observados para a amostra de farelos de soja 1 (91,21%) e 4 (90,43%), e os menores, para a soja integral tostada (60,98%) e a “Jet Sploder” (65,38%). ARABA e DALE (1990a,b) indicaram valores de solubilidade entre 70 e 85% como ideais, em que os inferiores podem ser indicativo de superprocessamento e os superiores, de subprocessamento. LEESON e SUMMERS (1997) atentam para o fato de que o superprocessamento pode destruir a lisina e reduzir os valores de EM, destacando que o ensaio de solubilidade é influenciado pelo tamanho da partícula e tempo de reação, os quais devem ser padronizados no laboratório. JORGE NETO (1992) sugere que uma soja bem processada deve apresentar um valor de solubilidade acima de 75%, destacando 80% como o ideal. Dessa forma, com base nos resultados da solubilidade da proteína em KOH, podem-se assumir, no presente trabalho, superprocessamento da soja

integral tostada e da “Jet Sploder” e subprocessamento principalmente das amostras de farelos 1 e 4.

3.2. Valores energéticos determinados com pintos (coleta total de excretas)

No Quadro 4, estão apresentados os valores médios das EMA, EMAn, EMV e EMVn dos oito alimentos estudados, determinados com pintos em crescimento. Nota-se que os valores médios de EMA e EMV foram 5,36 e 6,22% superiores àqueles de EMAn e EMVn, respectivamente. Redução bem similar à encontrada no presente ensaio também pode ser constatada nos trabalhos de ALBINO et al. (1992a) e, mais recentemente, por BORGES et al. (1998a). De acordo com WOLYNETZ e SIBBALD (1984), em condições de consumo à vontade, a EMA é maior que a EMAn, quando a retenção de nitrogênio é positiva. Como no presente ensaio as aves apresentaram consumo normal de ração, à vontade, logicamente o nitrogênio retido foi maior que zero e, conseqüentemente, a EMA superou os valores de EMAn; o mesmo pode ter ocorrido entre as EMV e EMVn.

Quando se comparam a EMAn e a EMVn, observa-se que a energia verdadeira foi apenas 2,59% superior à energia aparente e mostra certa similaridade entre os valores energéticos (em média, 2.897 kcal de EMAn/kg de MS e 2.972 kcal de EMVn/kg de MS). A repetibilidade média das estimativas das energias foi de 0,930 e 0,934, correspondente às energias não-corrigidas e corrigidas pelo balanço de nitrogênio, respectivamente, que foram inferiores àquelas apresentadas por LIMA et al. (1989) e ALBINO et al. (1992a), quando trabalharam com pintos.

As amostras dos farelos de soja 1, 2, 3 e 4 apresentaram, em média, 2.405 kcal de EMAn/kg de MS, valor inferior aos apresentados na literatura nacional (ROSTAGNO et al., 1983; EMBRAPA, 1991; e ALBINO et al., 1992a,e) e nas tabelas estrangeiras (JANSSEN, 1989; NRC, 1994; e DALE, 1999). Com exceção do resultado apresentado por ALBINO et al. (1992a), o valor energético médio dos farelos obtido no presente experimento foi semelhante aos observados na literatura estrangeira, citada anteriormente. O

farelo de soja texturizado mostrou valor de EMAn 17,80% superior à média daqueles observados para as amostras de farelo de soja. No entanto, apesar de ter apresentado teor de extrato etéreo e fibra bruta bem mais baixo que aqueles dos farelos, o farelo de soja texturizado parece mais semelhante a este subproduto.

O valor energético da soja micronizada foi, em comparação às demais sojas e subprodutos, o mais elevado (4.104 kcal de EMAn/kg de MS), sendo, de todas as amostras de alimentos estudadas no presente trabalho, a que apresentou maior conteúdo de extrato etéreo, o que pode ter contribuído para esta maior energia metabolizável. Este valor determinado, porém, foi 10,89% superior àquele relatado por ALBINO et al. (1992e) (3.657 kcal de EMAn/kg de MS).

Quadro 4 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) da soja e subprodutos, determinados com pintos em crescimento (22 a 26 dias de idade), pelo método tradicional de coleta de excretas, e seus respectivos desvios-padrão (valores expressos na matéria seca)

Alimento	EMA		EMAn		EMV		EMVn	
	(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)	
Farelo de soja 1	2508	± 169	2337	± 164	2588	± 176	2399	± 169
Farelo de soja 2	2569	± 261	2376	± 262	2654	± 269	2441	± 269
Farelo de soja 3	2633	± 139	2469	± 142	2724	± 148	2539	± 149
Farelo de soja 4	2596	± 170	2437	± 164	2677	± 172	2499	± 167
Farelo de soja texturizado	3003	± 111	2833	± 114	3114	± 116	2918	± 118
Soja integral “Jet Sploder”	3367	± 231	3224	± 215	3470	± 235	3303	± 218
Soja integral tostada	3550	± 130	3400	± 128	3658	± 117	3483	± 118
Soja micronizada	4260	± 54	4104	± 53	4374	± 48	4192	± 46
Médias	3061	± 610	2897	± 619	3157	± 623	2972	± 628
Repetibilidade média	0,930		0,934		0,930		0,934	
Coeficiente de variação (%)	5,54		5,73		5,48		5,69	

Quando se comparam as amostras de soja integral, nota-se que a soja tostada apresentou EMAn (semelhante ao que se observa para a EMVn) 5,46% maior que a soja “Jet Sploder”, podendo-se atribuir esta diferença ao teor de extrato etéreo da primeira, que foi 22,71% superior, contribuindo assim para o maior valor energético desta. Comparando a média destas duas amostras de soja integral com a soja micronizada, constata-se que a EMAn da segunda é maior em 23,91%, apesar de ter composição bem semelhante, exceto no teor de fibra bruta. Durante a micronização, a soja passa por um processo de limpeza (JORGE NETO, 1992), no qual os grãos são destituídos da casca, o que, certamente, leva a este menor teor de fibra e, possivelmente, maior energia metabolizável, quando comparado aos demais grãos integrais. Destaca-se, ainda, a menor solubilidade da proteína em KOH observada para as amostras de soja integral e, conforme ARABA e DALE (1990a,b), baixos índices de solubilidade podem ser indicativos de superprocessamento. De acordo com LEESON e SUMMERS (1997), o superprocessamento dos alimentos pode afetar o seu valor energético. Nota-se ainda tendência de aumento da EMAn (e EMVn) com a redução do DGM. A EMAn média das amostras de soja integral foi inferior aos valores obtidos por JANSSEN (1989), EMBRAPA (1991) e ALBINO et al. (1992e).

3.3. Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada)

Os valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) das amostras de soja e subprodutos, determinados com galos adultos, por intermédio da alimentação forçada, estão apresentados no Quadro 5. Os valores de EMAn foram 8,12% superiores aos de EMA e os de EMV, 9,27% superiores à EMVn. Este comportamento dos valores energéticos determinados com galos adultos está coerente com as determinações de ALBINO et al. (1992a) e contradiz, quando se avaliam as EMA e EMAn, os resultados de BORGES et al. (1998a,b), cujos valores de EMA foram superiores aos de EMAn. A EMVn média foi superior à EMAn em 269 kcal/kg de MS, mostrando os efeitos das energias fecal metabólica e urinária endógena sobre os valores de EM.

A repetibilidade média observada nas determinações foram 0,983; 0,989; 0,983; e 0,991, respectivamente, para EMA e EMV, EMAn e EMVn, sendo estes valores superiores àqueles relatados por LIMA et al. (1989) e ALBINO et al. (1992a), quando trabalharam com o método de alimentação forçada.

A EMVn determinada com galos apresentou comportamento similar aos valores de EMAn e EMVn determinados com pintos em crescimento. Observa-se que, no ensaio de alimentação forçada, os menores valores energéticos foram obtidos para as amostras de farelo de soja (2.800 kcal de EMVn/kg de MS, em média) diferindo, porém, em apenas 10 kcal/kg de MS em relação ao farelo de soja texturizado (2.810 kcal de EMVn/kg de MS), mostrando mais uma vez a similaridade deste subproduto com os farelos comuns. Esta média observada para os farelos de soja no presente trabalho foi inferior aos valores de EMVn relatados por ALBINO et al. (1992a,e) e FISCHER JR. et al. (1998a). É importante ressaltar, entretanto, que a maior diferença observada em relação aos resultados de FISCHER JR. et al. (1998) pode estar relacionada ao fato desses autores terem trabalhado com aves cecectomizadas, o que logicamente influenciou os valores energéticos, levando à maior discrepância com os dados do presente trabalho.

Apesar desta observação, a EMVn da soja integral tostada (4.001 kcal/kg de MS) foi superior aos valores encontrados por FISCHER JR. et al. (1998a) em 3,65% (3.855 kcal de EMVn/kg de MS) e 179 kcal mais baixa que a energia encontrada por ALBINO et al. (1992e).

A EMVn da soja micronizada foi, no entanto, 6,65% superior àquela descrita pelos referidos autores (4.165 kcal/kg de MS). Assim como observado para a EMAn determinada pelo método tradicional, a soja obtida pelo processamento "Jet Sploder" apresentou EMVn menor que a soja integral (5,99%). No entanto, estas variações observadas entre as amostras, possivelmente, estão associadas aos diferentes processamentos a que foram submetidas, o que pode levar a resultados variados, como os relatados no presente trabalho.

Quadro 5 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) da soja e subprodutos, determinados com galos adultos, pelo método da alimentação precisa, e os seus respectivos desvios-padrão (valores expressos na matéria seca)

Alimento	EMA		EMAn		EMV		EMVn	
	(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)		(kcal/kg)	
Farelo de soja 1	2187	± 63	2459	± 25	3001	± 63	2733	± 25
Farelo de soja 2	2338	± 98	2545	± 31	3150	± 98	2818	± 31
Farelo de soja 3	2325	± 123	2494	± 56	3135	± 123	2766	± 56
Farelo de soja 4	2395	± 109	2607	± 65	3208	± 109	2881	± 65
Farelo de soja texturizado	2246	± 35	2549	± 104	3021	± 35	2810	± 104
Soja integral “Jet Sploder”	3264	± 121	3504	± 92	4069	± 121	3775	± 92
Soja integral tostada	3503	± 102	3736	± 107	4289	± 102	4001	± 107
Soja micronizada	4003	± 30	4180	± 52	4780	± 30	4442	± 53
Médias	2783	± 674	3009	± 659	3582	± 666	3278	± 656
Repetibilidade média	0,983		0,989		0,983		0,991	
Coeficiente de variação (%)	3,31		2,42		2,57		2,22	

3.4. Predição das EMAn e EMVn determinadas com pintos

Nos Quadros 6 e 7, estão apresentadas equações estimadas para prever o conteúdo de EMAn e EMVn, respectivamente, determinadas com pintos em crescimento, por intermédio da composição em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) ou fibras em detergente ácido (FDA) ou neutro (FDN), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), amido, densidade e diâmetro geométrico médio (DGM) da soja e dos subprodutos.

De maneira geral, as equações com mais de uma variável mostraram melhores ajustes, apresentando maiores coeficientes de determinação. NUNES (1999) relatou que equações com duas a quatro variáveis podem ser utilizadas com maior facilidade, em virtude de a realização de menores números de análises laboratoriais economizar tempo e custo. Porém, deve-se considerar que, nesta pesquisa, são incluídas as análises rotineiras, facilmente determinadas, porque variáveis como o DGM, muitas vezes, podem não ter disponibilidade facilitada, inviabilizando o uso das equações. Apesar de tal colocação, vale ressaltar que, de acordo com PENZ JR. e MAGRO (1998), o assunto granulometria de ingredientes e rações tem sido bastante considerado ultimamente pelos pesquisadores e nutricionistas, podendo-se afirmar que a determinação do DGM dos alimentos passará, no futuro bem próximo, a ser uma análise de rotina em laboratórios e indústrias de rações.

Entre as variáveis componentes das equações definidas, o EE teve correlação alta (88,55 e 88,37%) e a FDN, apesar de mais baixa (17,88 e 17,33%), também mostrou se correlacionar positivamente com as EMAn e EMVn estimadas, respectivamente. As demais variáveis tiveram correlação negativa com os valores energéticos, variando, entre FB (menor) e MM (maior), de 51,53 a 89,11% com a EMAn e 51,77 a 89,05% com a EMVn, respectivamente.

Quadro 6 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) da soja e subprodutos, determinados com pintos, em função da composição dos alimentos, e suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
+4394,28	+107,18	----	----	+78,19	----	----	-187,78	-8,52	----	0,94
+1822,76	----	-99,32	----	----	+60,50	+286,73	-52,26	----	----	0,94
+9261,43	-133,10	----	-27,21	----	----	----	56,04	----	-0,873	0,94
+8717,33	-108,23	---	-22,95	----	----	----	----	----	-0,749	0,94
+2822,19	----	-90,13	----	----	+49,96	----	----	----	----	0,93
-822,33	+69,54	----	-45,26	----	+90,81	----	----	----	----	0,92
+9155,19	-100,55	----	----	----	----	----	----	----	-0,847	0,92
+2723,05	----	----	50,52	----	+60,40	----	----	----	----	0,90
+7173,43	----	----	----	+25,87	----	----	-88,04	-5,71	----	0,90
+7355,98	----	----	----	----	----	----	-113,08	-4,81	----	0,86
+2372,54	----	----	----	----	+53,69	----	----	----	----	0,78
+7742,09	----	----	----	----	----	----	----	-7,91	----	0,78
+7660,52	-101,45	----	----	----	----	----	----	----	----	0,61
Correlações	-0,7820	-0,5153	-0,0534	0,1788	0,8855	-0,8911	-0,8604	-0,8806	-0,5612	----

Quadro 7 - Equações de predição dos valores energéticos (EMVn) da soja e subprodutos, determinados com pintos, em função da composição dos alimentos, e suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
+4478,27	+109,30	----	----	+78,73	----	----	-193,20	-8,59	----	0,94
+1936,75	----	-100,87	----	----	+60,56	+290,43	-56,33	----	----	0,94
+2988,46	----	----	-33,88	----	+55,02	----	----	----	-0,376	0,94
+2899,61	----	-92,12	----	----	+50,56	----	----	----	----	0,93
-894,05	+71,21	----	-46,18	----	+92,36	----	----	----	----	0,92
+2907,82	----	----	----	----	+48,62	----	----	----	-0,561	0,90
+2797,81	----	----	-51,56	----	+61,22	----	----	----	----	0,90
+7312,28	----	----	----	+25,38	----	----	-193,20	-8,59	----	0,90
+7491,34	----	----	----	----	----	----	-116,05	-4,84	----	0,86
+2440,04	----	----	----	----	+54,38	----	----	----	----	0,78
+7887,59	----	----	----	----	----	----	----	-8,02	----	0,77
Correlações	-0,7798	-0,5177	-0,0558	0,1733	0,8837	-0,8905	-0,8624	-0,8806	-0,5652	----

As equações compostas por quatro variáveis no modelo explicaram mais de 94% da variação nos valores de EMAn e EMVn ($R^2 > 0,94$). No entanto, a equação composta por apenas duas variáveis, EE e FB, explicou 92,7 e 92,6% das variações, respectivamente, mostrando que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos. Bons ajustes com combinação de duas variáveis também foram destacados por DOLZ e DE BLAS (1992), AZEVEDO (1996) e NUNES (1999). Por outro lado, JANSSEN (1989) descreveu equações com PB, EE e extratos não-nitrogenados, para prever a EMAn do farelo de soja.

Nos Quadros 8 e 9, estão apresentadas as estimativas dos valores de EMAn e EMVn dos alimentos estudados, respectivamente, juntamente com a média da soma do quadrado dos desvios destas estimativas. Observa-se que as equações com maior número de variáveis no modelo apresentaram melhores valores estimados, comparados aos determinados *in vivo*, apresentando menor média da soma do quadrado dos desvios (924 e 901, respectivamente, para EMAn e EMVn). Nota-se que estas médias aumentaram com a redução nos valores dos coeficientes de determinação.

Quando se comparam os valores de EMAn estimados pelas equações contendo as variáveis FB, EE, MM e amido e os determinados *in vivo*, pode-se constatar que a estimativa da EMAn da soja integral tostada diferiu em apenas 2 kcal/kg de MS daquela obtida nos ensaios com pintos, e a amostra de farelo de soja 2, com maior variação, diferiu em 2,99%.

Nas estimativas obtidas pela equação estabelecida com FB e EE, nota-se que, semelhantemente, a soja integral tostada diferiu em apenas 2 kcal de EMAn/kg de MS e o farelo de soja 3 (maior variação), em 6,65%, mostrando boas predições dos valores energéticos, considerando-se que, entre as amostras de farelos de soja, as EMAn obtidas *in vivo* variaram em 5,65%. A EMAn média das amostras de farelo de soja foi 2.405 kcal/kg de MS e, calculando-se a média das quatro estimativas destas amostras, obtêm-se 2.404 kcal de EMAn/kg de MS, mostrando diferença inexpressiva em termos de valores médios. O mesmo comportamento foi observado quando se considera a EMVn, em que a média dos farelos, obtida no ensaio com pintos em crescimento, foi de 2.470 kcal de EMVn/kg de MS e aquela estimada pela equação com FB e EE, de 2.471 kcal/kg de MS, também diferenciando em apenas 1 kcal/kg de MS.

Quadro 8 - Estimativas dos valores de EMAn da soja e subprodutos, determinadas com pintos, por intermédio das equações de predição dos valores energéticos, em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

Alimento	EMAn ¹	EMAn ₁ ²	EMAn ₂ ²	EMAn ₃ ²
Farelo de soja 1	2337	2352	2469	2469
Farelo de soja 2	2376	2307	2341	2333
Farelo de soja 3	2469	2476	2315	2459
Farelo de soja 4	2437	2456	2492	2625
Farelo de soja texturizado	2833	2851	2818	2841
Soja integral "Jet Sploder"	3224	3259	3289	3407
Soja integral tostada	3400	3402	3402	3416
Soja micronizada	4104	4076	4054	4109
Médias	2898	2897	2897	2957
Médias da soma do quadrado dos desvios		924	6502	11071

¹ Energia metabolizável aparente corrigida, observada *in vivo* no ensaio com pintos em crescimento.

² Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

Quadro 9 - Estimativas dos valores de EMVn da soja e subprodutos, determinadas com pintos, por intermédio das equações de predição dos valores energéticos, em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

EMVn ₁ = 1936,75 - 100,87FB + 60,56EE + 290,43MM - 56,33AMIDO				R ² = 0,94
EMVn ₂ = 2899,61 - 92,12FB + 50,56EE				R ² = 0,93
EMVn ₃ = - 8949,05 + 71,21PB - 46,18FDA + 92,36EE				R ² = 0,92
Alimento	EMVn ¹	EMVn ₁ ²	EMVn ₂ ²	EMVn ₃ ²
Farelo de soja 1	2399	2412	2537	2476
Farelo de soja 2	2441	2375	2406	2337
Farelo de soja 3	2539	2547	2380	2466
Farelo de soja 4	2499	2520	2561	2636
Farelo de soja texturizado	2918	2933	2895	2857
Soja integral “Jet Sploder”	3303	3341	3368	3427
Soja integral tostada	3483	3480	3480	3434
Soja micronizada	4192	4166	4146	4141
Médias	2972	2972	2972	2972
Σ ³ d ²		7204	55608	61102
Médias da soma do quadrado dos desvios		901	6951	7638

¹ Energia metabolizável verdadeira corrigida observada *in vivo* no ensaio com pintos em crescimento.

² Estimativas da EMVn pelas equações de predição.

3.5. Predição das EMVn determinadas com galos adultos

No Quadro 10, estão apresentadas as equações calculadas para prever os valores de EMVn da soja e subprodutos, determinados com galos adultos, por intermédio da alimentação forçada, com as respectivas correlações entre as variáveis utilizadas nos modelos e a EMVn. As equações foram desenvolvidas fundamentalmente na composição química e física dos alimentos.

Quadro 10 - Equações de predição dos valores energéticos da soja e subprodutos e as respectivas correlações das variáveis com a EMVn, determinados com galos adultos, em função da composição dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca)

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	Dens. (g/l)	DGM μm	R ²
-6009,54	----	-395,16	----	----	+134,11	+405,51	-113,82	+13,17	+1,26	0,99
+2090,04	+43,76	----	-48,60	+47,93	+52,50	-170,35	-55,69	----	----	0,99
+1969,50	----	----	-68,16	+29,17	+65,25	-187,34	----	+3,20	-0,144	0,99
+1393,41	+34,55	----	-46,96	+35,83	+66,90	----	-41,62	----	----	0,99
+2731,76	----	----	-38,39	+24,30	+60,27	----	----	----	-0,137	0,99
+1251,83	+27,60	----	-39,84	+21,11	+75,01	----	----	----	----	0,99
+2690,62	----	----	-40,87	+19,96	+63,09	----	----	----	----	0,98
+2857,26	----	-38,29	----	----	+61,02	----	----	----	----	0,98
+2822,32	----	----	-22,50	----	+65,60	----	----	----	----	0,98
+2666,23	----	----	----	----	+62,61	----	----	----	----	0,96
Correlações	-0,9126	-0,3078	0,1635	0,4041	0,9788	-0,9480	-0,8609	-0,8270	-0,3692	----

Nota-se que as equações desenvolvidas apresentaram bons ajustes, com elevados coeficientes de determinação (R^2), os quais variaram de 0,96 a 0,99. As equações com maior número de componentes (seis variáveis independentes) apresentaram maiores R^2 , sendo que estas variáveis explicaram 99% da variação nos valores de EMVn.

Conforme já mencionado, os modelos que englobam grande número de variáveis podem se tornar complexos, já que características físicas como a densidade e o 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, por ser uma análise de rotina em laboratórios. Dessa forma, as variáveis PB, FB, FDA, FDN e EE mostraram ser boas preditoras dos valores energéticos, quando combinadas entre elas, explicando 99 (PB, FDA, FDN e EE), 98 (FDA, FDN e EE) e 98% (FB e EE) da variação na EMVn dos alimentos.

O EE participou de todos os modelos estimados, apresentando alta correlação positiva (97,88%) com a EMVn. Apesar de também se correlacionarem positivamente, mas com valores mais baixos, a FDA (16,35%) e FDN (40,41%) participaram da maioria das equações estabelecidas. As demais variáveis tiveram correlação negativa com a EMVn, em que a MM e a PB apresentaram maiores valores (94,80 e 91,26%, respectivamente). A FDN foi destacada como boa preditora da EMVn por ZHANG et al (1994) e a PB e o EE por DOLZ e DE BLAS (1992). SIBBALD et al. (1980) observaram que as combinações de EE, FB e MM foram úteis em prever a EMV, explicando aproximadamente 80% da variação. No presente trabalho, as variáveis combinadas em todas as equações explicaram mais de 95% da variabilidade nos valores de EMVn.

No Quadro 11, observa-se que a equação composta por PB, FDA, FDN, EE, MM e amido forneceu boas estimativas da EMVn, quando comparada aos valores observados *in vivo* com galos adultos, cuja média da soma do quadrado dos desvios das estimativas foi baixa. Apesar de maiores médias da soma do quadrado dos desvios, a equação com FB e EE, semelhantemente ao observado nas equações calculadas para os valores energéticos determinados com pintos (EMAn e EMVn), possibilitou a obtenção

de bons valores de EMVn, em que a média das amostras de farelos de soja diferiu apenas 23 kcal/kg de MS, comparada à média determinada *in vivo*.

De maneira geral, observa-se que os modelos calculados no presente trabalho fizeram boas estimativas dos valores energéticos deste grupo de alimentos, quando comparados àqueles observados *in vivo*.

Quadro 11 - Estimativas dos valores de EMVn da soja e subprodutos, determinadas com galos adultos, por intermédio das equações de predição, em função da composição dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca)

EMVn ₁ = 2090,04 + 43,76PB - 48,60FDA + 47,93FDN + 52,50EE - 170,35MM - 55,69amido						R ² = 0,99
EMVn ₂ = 1251,83 + 27,60PB - 39,84FDA + 21,11FDN + 75,01EE						R ² = 0,99
EMVn ₃ = 2690,62 - 40,87FDA + 19,96FDN + 63,09EE						R ² = 0,98
EMVn ₄ = 2857,26 - 38,29FB + 61,02EE						R ² = 0,98
Alimento	EMVn ¹	EMVn ₁ ²	EMVn ₂ ²	EMVn ₃ ²	EMVn ₄ ²	
Farelo de soja 1	2733	2741	2817	2832	2811	
Farelo de soja 2	2818	2820	2737	2785	2726	
Farelo de soja 3	2766	2767	2790	2797	2757	
Farelo de soja 4	2881	2866	2869	2817	2815	
Farelo de soja texturizado	2810	2816	2794	2765	2885	
Soja integral "Jet Sploder"	3775	3765	3790	3849	3808	
Soja integral tostada	4004	4006	3988	3962	4054	
Soja micronizada	4442	4445	4438	4420	4369	
Médias	3279	3278	3278	3278	3278	
Médias da soma do quadrado dos desvios		50	1839	2979	3473	

¹ Energia metabolizável verdadeira corrigida observada *in vivo* no ensaio com galos adultos.

² Estimativas da EMVn pelas equações de predição.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Dois ensaios biológicos foram conduzidos no Laboratório Animal do DZO/UFV, com objetivo de determinar os valores de energia metabolizável de oito alimentos (soja e subprodutos), utilizando o método tradicional de coleta total de excretas, com pintos dos 22 aos 26 dias de idade, e o método de alimentação forçada, com galos Leghorne adultos (método Sibbald) de 18 meses de idade. A partir dos resultados experimentais obtidos, foram estabelecidas equações para prever os valores energéticos dos alimentos (farelos de soja 1, 2, 3, 4 e texturizado, sojas integral “Jet Sploder”, integral tostada e micronizada), em função da composição química deste grupo de alimentos. No primeiro ensaio, foram utilizados 420 pintos Hubbard machos, distribuídos em baterias metálicas, em um delineamento inteiramente casualizado, no qual quatro repetições de 10 aves cada receberam as rações experimentais com os oito alimentos, exceto a ração referência, a qual foi fornecida a seis repetições. Um grupo de quatro repetições de 10 aves foi mantido em jejum por 48 horas, para medir as perdas endógenas e metabólicas, sendo este período corrigido para os cinco dias de coleta de excretas. No segundo ensaio, cada um dos alimentos foi fornecido a seis galos, sendo a unidade experimental composta por dois galos, os quais receberam 15 g do alimento pela manhã (8 h) e 15 g à tarde (16 h), após terem sofrido um período de jejum de 24 horas, para esvaziamento do trato digestivo. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Após determinados os valores energéticos,

estabeleceram-se equações para prever as EMAn e EMVn obtidas com pintos e a EMVn com galos, utilizando-se a composição dos alimentos em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) ou fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), amido, densidade e diâmetro geométrico médio das partículas (DGM). Os resultados obtidos nos dois ensaios permitiram concluir que os valores energéticos das amostras de farelo de soja 1, 2, 3, 4 e texturizado, sojas integral “Jet Sploder”, integral tostada e micronizada foram 2.337 e 2.733; 2.376 e 2.818; 2.469 e 2.766; 2.437 e 2.881; 2.833 e 2.810; 3.224 e 3.775; 3.400 e 4.001; e 4.104 e 4.441 kcal/kg de MS, respectivamente, para as EMAn determinadas com pintos e as EMVn com galos; as equações ajustadas com duas a quatro variáveis fizeram boas previsões dos valores energéticos dos alimentos do grupo da soja, com valores de R^2 superiores a 92%; as equações com as variáveis FB e EE podem ser utilizadas para estimar os valores energéticos (EMAn determinadas com pintos e EMVn com galos), sendo: $EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE$ ($R^2 = 0,93$) e $EMVn = 2857,3 - 38,29FB + 61,02EE$ ($R^2 = 0,98$).

CAPÍTULO 4

AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DO MILHETO, DO MILHO E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS

1. INTRODUÇÃO

Na formulação de uma dieta de custo mínimo, a composição dos ingredientes, a exigência animal e o custo são os três fatores considerados. Estas condições, no entanto, complicam-se quando se pretende considerar a absorção do nutriente (BELLAYER, 1994). Por outro lado, a crescente tendência mundial de elevação nos preços das fontes protéicas e a poluição ambiental por nitrogênio têm levado os nutricionistas a formular rações que atendam adequadamente às exigências nutricionais, mesmo quando se utilizam alimentos alternativos, em função do valor nutritivo, do custo e da oferta desses produtos (ALBINO e SILVA, 1996b).

O milho, por sua vez, apesar de ser uma fonte energética nas formulações, contribui com boa parte da proteína dietética, sendo responsável por aproximadamente 25% e 33 da proteína bruta total, respectivamente, nas rações de frangos e poedeiras (BERTECHINI et al., 1999). Nesse sentido, o conhecimento da digestibilidade dos aminoácidos, tanto do milho como de outros alimentos, é particularmente importante na formulação de rações, uma vez que permite a utilização de variados ingredientes, como os subprodutos industriais e alimentos alternativos, dispensando a utilização de margem de segurança, que muitas vezes não é suficiente para garantir máximo desempenho (ALBINO e SILVA, 1996b).

Dessa forma, o interesse pela digestibilidade ou disponibilidade dos aminoácidos cresceu nos últimos anos, sendo bem conhecida a importância de se considerar a digestibilidade nas formulações. Sabe-se também que as quantidades de aminoácidos digestíveis, na maioria dos alimentos, são substancialmente menores que a total e, associado a isto, o desenvolvimento de ensaios de digestibilidade mais rápidos, bem como o aperfeiçoamento daqueles já existentes, tornou possível a condução de mais pesquisas relacionadas ao assunto (PARSONS, 1996).

A possibilidade de se utilizarem equações que possam prever o conteúdo de aminoácidos dos alimentos, em função da composição química, também é uma ferramenta que pode ser útil para os nutricionistas. Os NRC (1994 e 1998) apresentam uma série de equações lineares que podem ser utilizadas para estimar o conteúdo de aminoácidos dos alimentos, em função da proteína bruta, e também equações que possibilitam estimar os aminoácidos a partir da composição proximal. Trabalhos para prever o conteúdo de aminoácidos digestíveis, em função da composição química dos alimentos, no entanto, são escassos.

O objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, do milho e de seus subprodutos e, a partir dos resultados experimentais obtidos, estabelecer equações para prever a composição dos alimentos em alguns aminoácidos totais e digestíveis do milho e de subprodutos, em função da composição em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) dos alimentos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e do conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, do milho e de seus subprodutos, foi conduzido um ensaio biológico no Laboratório Animal do DZO/UFV, no período de 08/02/1998 a 02/03/1998. Utilizaram-se a adaptação do método de alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (SIBBALD, 1979), e galos Leghorne adultos cecectomizados, com 21 meses de idade e peso médio de 2132 ± 257 g.

Os galos foram cecectomizados no Setor de Avicultura do DZO/UFV, por meio de laparotomia abdominal e anestesia local, conforme a metodologia descrita posteriormente por PUPA et al. (1998). As temperaturas, mínima e máxima, médias registradas no período experimental foram de $22,9 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $28,9 \pm 3,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Cada um dos 11 alimentos teste, descritos no Capítulo 2, foi fornecido a seis galos, repetidos três vezes no tempo, sendo um galo por unidade experimental, observando-se que cada galo não deveria receber o mesmo alimento duas vezes. As excretas das duas repetições que receberam o mesmo alimento foram coletadas em um mesmo vidro, totalizando assim três repetições de dois galos por alimento. Simultaneamente, foram mantidas em jejum três repetições de dois galos, para determinação das perdas endógenas

e metabólicas. Utilizou-se um intervalo de quatro dias entre cada repetição, para descanso dos galos, período no qual as aves receberam uma ração para frangos de corte em terminação, objetivando melhor recuperação.

Antes do período experimental, os galos foram alojados nas baterias e passaram por um período de adaptação, recebendo alimentação em dois turnos de 1 hora, às 8 e 16 h, visando à dilatação do papo. Em seguida, foram mantidos em jejum por 24 horas, com o objetivo de esvaziar o trato digestivo, e, então, forçados a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo. Foram fornecidos 15 g dos alimentos às 8 h e 15 g às 16 h, para evitar regurgitações.

As bandejas sob o piso das gaiolas foram revestidas com plástico, e a coleta de excretas foi realizada às 8 e 16 h, por um período de 56 horas, após iniciado o fornecimento dos alimentos. As excretas foram coletadas e acondicionadas em freezer até o final do experimento, quando foram descongeladas, devidamente quantificadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras dos alimentos foram analisadas em matéria seca e nitrogênio, por meio das metodologias descritas por SILVA (1990), e o conteúdo em aminoácidos, determinado no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, determinaram-se os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido (CDVaa), por intermédio da fórmula proposta por ROSTAGNO E FEATHERSTON (1977), a qual é apresentada a seguir, e posteriormente foi calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de cada alimento.

$$CDV_{aa} = \frac{\text{aminoácido ingerido} - \text{aminoácido excretado} + \text{aminoácido da fração endógena}}{\text{aminoácido ingerido (em gramas)}}$$

Uma vez obtidos os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de cada alimento e os coeficientes da soma dos essenciais e dos não-essenciais, os dados de cada aminoácido dos alimentos foram submetidos à análise estatística, cujo modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij}$$

em que

Y_{ij} = coeficiente de digestibilidade verdadeira determinado para cada aminoácido do alimento i , na repetição j ($i = 1, 2, \dots, 8$ e $j = 1, 2, 3$);

μ = média geral;

A_i = efeito do alimento i ; e

e_{ij} = erro associado a cada observação.

Os aminoácidos cuja análise de variância apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) foram comparados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, sendo o procedimento estatístico realizado por meio do pacote SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, versão 5.0 (UFV, 1992).

2.2. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros do milho e de subprodutos, em função da composição química

Uma vez determinados os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros, foram estimadas equações para prever a composição em alguns aminoácidos totais e digestíveis (lisina, metionina, metionina + cistina, treonina e arginina) e a soma dos essenciais e dos não-essenciais do milho e de subprodutos, por meio de regressões lineares simples e múltiplas, pelo Método de Eliminação Indireta ou *Backward*, utilizando-se o pacote SAEG, mencionado anteriormente.

Utilizaram-se, na predição das equações, os valores de PB, FB, EE e MM. Para obter equações de maior precisão, foi adotado o teste t e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo, sendo consideradas somente as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição em aminoácidos totais

A composição dos alimentos em aminoácidos essenciais totais e a soma destes são apresentadas no Quadro 1 e a dos não-essenciais e sua soma, no Quadro 2. Nota-se que as amostras de milho, em média, apresentaram ligeira variabilidade em relação aos valores descritos por ROSTAGNO et al. (1983), ALBINO et al. (1992c), EMBRAPA, (1991), PUPA (1995) e FISCHER JR. et al. (1998b). No entanto, é possível observar que a variação foi maior, quando se compararam estes valores com os descritos no NRC (1994, 1998) e aqueles apresentados por DALE (1999), logicamente devido às diferenças nas condições de solo, cultivo, clima e variedades, que podem resultar em diferenças na composição dos alimentos (BATH et al., 1999).

Entre as amostras de milho estudadas, o milho QPM foi o que apresentou maiores diferenças, com teor de lisina mais elevado, quando comparado à média das demais amostras (32,0%). Isto era de se esperar, uma vez que esta variedade foi melhorada para conter maior teor de lisina. Os valores do QPM determinados para lisina e treonina no presente experimento foram semelhantes àqueles relatados por BERTECHINI et al. (1999), porém o teor de metionina + cistina encontrado pelos referidos autores foi 23,3% superior aos obtidos nesta pesquisa. Nota-se, ainda, em relação aos milhos analisados, inferioridade de 25,0 e 61,8% no conteúdo de metionina + cistina e leucina do QPM em relação à média dos demais. É evidente, ainda, relação

direta do conteúdo de aminoácidos, essenciais e não-essenciais, com o teor de proteína bruta das amostras.

Quadro 1 - Conteúdo de aminoácidos essenciais totais do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}												
	MS (%)	PB (%)	LIS (%)	MET (%)	M + C (%)	TRE (%)	ARG (%)	HIS (%)	ILE (%)	LEU (%)	FEN (%)	VAL (%)	AAE (%)
Milho 1	87,86	9,82	0,24	0,19	0,42	0,35	0,39	0,31	0,34	1,27	0,49	0,46	4,05
Milho 2	86,65	8,07	0,26	0,20	0,41	0,32	0,40	0,24	0,30	0,96	0,38	0,42	3,49
Milho QPM	88,52	7,67	0,33	0,13	0,30	0,33	0,45	0,32	0,26	0,68	0,31	0,45	3,27
Milho pré-cozido	88,82	8,43	0,25	0,18	0,36	0,33	0,36	0,30	0,31	1,06	0,42	0,43	3,63
Farelo de glúten 60	92,09	62,15	0,99	1,29	2,22	2,17	1,81	1,24	2,71	10,74	4,01	2,79	27,74
Farelo de glúten 21	85,59	24,00	0,49	0,36	0,88	0,87	0,65	0,82	0,73	2,15	0,80	1,19	8,06
Gérmen de milho (GM)	89,47	8,96	0,34	0,18	0,36	0,36	0,53	0,28	0,32	0,94	0,41	0,47	3,82
Gérmen de milho fino	90,65	9,73	0,50	0,21	0,43	0,39	0,74	0,32	0,33	0,85	0,43	0,54	4,30
GM desengordurado	90,16	10,85	0,52	0,20	0,40	0,43	0,70	0,32	0,35	0,91	0,46	0,55	4,44
Milheto 1	89,47	12,40	0,36	0,24	0,43	0,47	0,48	0,25	0,51	1,21	0,59	0,67	4,79
Milheto 2	88,52	13,41	0,41	0,30	0,54	0,54	0,59	0,31	0,57	1,36	0,67	0,75	5,51

¹ Análises realizadas no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

² MS (matéria seca), PB (proteína bruta), LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AAE (total dos aminoácidos essenciais).

Quadro 2 - Conteúdo de aminoácidos não-essenciais totais do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}									
	MS (%)	PB (%)	CIS (%)	ALA (%)	ASP (%)	GLU (%)	GLI (%)	SER (%)	TIR (%)	AANE (%)
Milho 1	87,86	9,82	0,23	0,73	0,60	1,81	0,39	0,49	0,28	4,53
Milho 2	86,65	8,07	0,20	0,58	0,54	1,43	0,35	0,41	0,24	3,76
Milho QPM	88,52	7,67	0,17	0,46	0,57	1,20	0,40	0,34	0,19	3,34
Milho pré-cozido	88,82	8,43	0,19	0,64	0,58	1,55	0,34	0,43	0,24	3,96
Farelo de glúten 60	92,09	62,15	0,93	5,55	3,89	13,79	1,68	3,31	3,16	32,32
Farelo de glúten 21	85,59	24,00	0,52	1,77	1,16	3,74	1,06	0,87	0,40	9,53
Gérmen de milho (GM)	89,47	8,96	0,19	0,60	0,62	1,49	0,42	0,42	0,27	4,00
Gérmen de milho fino	90,65	9,73	0,21	0,65	0,72	1,46	0,55	0,47	0,26	4,32
GM desengordurado	90,16	10,85	0,20	0,69	0,84	1,63	0,56	0,50	0,27	4,68
Milheto 1	89,47	12,40	0,19	0,94	1,00	2,31	0,40	0,55	0,25	5,63
Milheto 2	88,52	13,41	0,25	1,07	1,13	2,62	0,34	0,63	0,32	6,04

¹ Análises realizadas no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

² MS (matéria seca), PB (proteína bruta), CIS (cistina), ALA (alanina), ASP (ácido aspártico), GLU (ácido glutâmico), GLI (glicina), TIR (tirosina), SER (serina), AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

Com exceção da histidina, cuja composição foi semelhante, o milho apresentou composição aminoacídica superior à média das amostras do milho, o que possivelmente pode justificar ainda mais o interesse dos nutricionistas, nos últimos anos, em avaliar a utilização deste cereal nas dietas de aves, em substituição ao milho. As amostras de milho 1 e 2 apresentaram, em média, composição em aminoácidos essenciais 42,7% superior à média das quatro amostras de milho, o mesmo ocorrendo com a soma dos não-essenciais, que foi 49,7% superior à média dos milhetos.

Os teores médios de aminoácidos das duas amostras de milho do presente trabalho assemelharam-se aos valores apresentados por ADEOLA e ROGLER (1994) e foram superiores aos descritos por DALE (1999). Observou-se também variação em relação aos valores citados por SMITH et al. (1989), NRC (1994) e LAWRENCE et al. (1995). Entretanto, vale ressaltar que, dos autores citados acima, somente uma das amostras de milho analisado por ADEOLA e ROGLER (1994) apresentou teor de proteína bruta semelhante ao do presente trabalho, quando comparada à amostra de milho 2. Certamente, esta variabilidade na composição aminoacídica do milho está relacionada ao seu conteúdo de proteína.

Quando comparados à literatura, nota-se certa variação nos teores de aminoácidos encontrados para o farelo de glúten 21 (ROSTAGNO et al., 1983; NRC, 1994 e 1998; e DALE, 1999) e o farelo de glúten 60 (ROSTAGNO et al., 1983; EMBRAPA, 1991; FISCHER JR. et al., 1998b; e DALE, 1999). No que se refere ao gérmen de milho, a literatura é escassa e, tratando-se de um subproduto, conforme relatado por BATH et al. (1999), a composição de um alimento pode variar em função do processamento e, também, das formas de obtenção, o que torna difícil uma comparação das amostras de gérmen com a literatura. Entretanto, em relação às amostras de milho, nota-se que, de maneira geral, as amostras de gérmen apresentaram composição ligeiramente superior em aminoácidos, tanto essenciais como não-essenciais.

3.2. Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros

Os alimentos utilizados nas formulações de rações são, muitas vezes, escolhidos em função de suas características nutricionais, determinadas pelas análises químicas, as quais, entretanto, não consideram a utilização dos aminoácidos pelo animal, durante os processos de digestão e absorção, afetados por diferentes fatores. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não-essenciais dos alimentos avaliados neste trabalho estão apresentados nos Quadros 3 e 4, respectivamente.

Quadro 3- Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais do milho e subprodutos e do milheto, determinados com galos cecectomizados, de 21 meses de idade, e seus respectivos desvios-padrão (DP)

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (\pm DP) ^{1,2}										
	LIS	MET	M + C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Milho 1	92,20B (1,70)	98,60A (0,97)	93,89A (4,13)	82,76B (3,69)	90,21B (4,51)	97,38A (1,65)	90,30A (3,10)	96,07A (1,79)	93,49a (4,48)	87,22A (4,56)	92,02A (1,33)
Milho 2	88,85C (2,27)	95,94A (3,71)	91,62A (2,56)	74,59C (5,83)	91,96B (2,52)	91,99A (4,10)	83,43B (1,83)	92,68A (1,38)	92,07a (3,56)	80,70B (2,38)	88,62B (1,97)
Milho QPM	95,13A (2,39)	94,08A (1,99)	81,51C (3,79)	72,45C (2,83)	93,73B (4,57)	94,99A (1,43)	82,71B (1,91)	89,08B (3,80)	88,46b (4,77)	85,01B (1,64)	88,40B (2,45)
Milho pré-cozido	88,18C (2,03)	96,88A (2,75)	88,49B (6,06)	79,35B (4,27)	92,63B (2,11)	93,27A (1,27)	88,19A (5,24)	95,24A (2,40)	94,00a (4,09)	84,05B (3,71)	90,20A (2,79)
Farelo de glúten 60	91,68B (1,53)	96,54A (0,27)	92,52A (0,63)	91,32A (2,75)	97,25A (0,92)	94,26A (0,64)	95,06A (0,10)	97,92A (0,46)	96,92a (0,81)	94,41A (0,23)	95,04A (0,45)
Farelo de glúten 21	70,95D (1,29)	84,61C (2,67)	72,55D (2,25)	72,91C (2,72)	90,80B (0,80)	80,97B (2,50)	81,93B (3,53)	89,27B (2,08)	86,27b (2,28)	81,28B (3,23)	82,11C (1,13)
Gérmen de milho (GM)	89,63C (1,66)	94,28A (0,80)	90,77A (1,00)	80,70B (1,73)	97,36A (0,70)	93,63A (2,38)	91,83A (3,71)	95,22A (1,42)	94,04a (2,42)	89,98A (3,62)	91,84A (1,37)
Gérmen de milho fino	95,90A (0,63)	89,97B (2,46)	88,22B (1,71)	81,10B (1,73)	99,48A (0,11)	96,55A (1,37)	90,28A (2,91)	93,25A (2,41)	94,30a (1,76)	92,17A (1,74)	92,56A (1,28)
GM desengordurado	87,11C (1,21)	90,60B (1,95)	84,17C (2,67)	75,93C (1,52)	94,86A (0,78)	93,12A (3,28)	85,52B (3,20)	90,94B (2,82)	89,55b (3,09)	83,62B (4,14)	87,92B (1,93)
Milheto 1	90,52C (3,84)	90,76B (1,47)	85,91B (2,56)	82,71B (3,38)	95,37A (1,40)	96,06A (2,97)	90,04A (1,81)	93,47A (1,46)	92,94a (1,65)	87,50A (2,11)	91,04A (1,63)
Milheto 2	94,24A (1,20)	94,47A (2,44)	92,59A (1,73)	86,04A (2,17)	98,16A (1,72)	96,45A (4,23)	92,01A (2,16)	95,22A (1,66)	95,14a (1,35)	90,25A (2,97)	93,55A (1,46)
Coef. de variação (%)	2,20	2,33	3,46	4,01	2,46	2,79	3,35	2,30	3,28	3,47	1,92

¹ LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AAE (total dos aminoácidos essenciais).

² Médias seguidas de letras distintas minúsculas ($P < 0,05$) ou maiúsculas ($P < 0,01$), na coluna, diferem pelo teste de agrupamento de Scott-knott.

Quadro 4 - Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não-essenciais do milho e subprodutos e do milheto, determinados com galos cecectomizados, de 21 meses de idade, e seus respectivos desvios-padrão (DP)

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (\pm DP) ^{1,2}						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Milho 1	84,12A (3,36)	93,41B (0,86)	88,40B (2,94)	95,86A (2,08)	89,15B (3,49)	93,22A (7,60)	90,69B (0,85)
Milho 2	84,14A (2,53)	89,41C (1,42)	84,48B (3,07)	94,59A (1,18)	79,50C (4,32)	91,87A (1,83)	87,33C (1,18)
Milho QPM	73,08B (5,35)	88,56C (1,60)	89,50B (1,89)	94,05A (2,03)	79,82C (2,70)	89,56B (2,89)	85,75D (2,18)
Milho pré-cozido	77,60B (4,16)	90,40B (3,88)	88,66B (0,29)	95,82A (0,43)	86,78B (0,71)	94,68A (1,54)	88,99C (1,21)
Farelo de glúten 60	86,96A (2,13)	97,34A (0,22)	94,19A (1,12)	97,55A (0,15)	95,41A (1,27)	97,60A (0,39)	94,84A (0,77)
Farelo de glúten 21	64,65C (3,84)	85,09D (1,88)	75,26C (2,51)	82,83B (0,45)	81,17C (1,53)	85,61B (2,25)	79,10E (0,66)
Gérmen de milho (GM)	87,45A (1,21)	91,73B (2,33)	91,60A (0,58)	95,44A (0,42)	87,91B (1,61)	93,65A (2,69)	91,30B (1,13)
Gérmen de milho fino	85,22A (1,76)	91,70B (0,98)	92,54A (0,73)	94,84A (0,40)	89,66B (1,05)	95,57A (2,04)	91,59B (0,11)
GM desengordurado	78,42B (3,10)	85,33D (3,90)	86,58B (3,97)	93,35A (3,00)	83,79C (2,47)	89,61B (4,35)	86,18D (2,48)
Milheto 1	81,60A (3,97)	90,41B (1,69)	87,97B (2,20)	94,94A (0,98)	90,88B (2,47)	86,39B (2,49)	88,70C (2,15)
Milheto 2	90,98A (1,76)	91,51B (1,43)	93,37A (1,13)	97,43A (0,92)	93,94A (0,60)	93,09A (3,37)	93,39A (1,24)
Coef. de variação (%)	3,99	2,37	2,46	1,48	2,66	3,67	2,31

¹ CIS (cistina), ALA (alanina), SER (serina), GLU (ácido glutâmico), ASP (ácido aspártico), TIR (tirosina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

² Médias seguidas de letras distintas maiúsculas ($P < 0,01$), na coluna, diferem pelo teste de agrupamento de Scott-knott.

Quando se comparam as literaturas nacional e estrangeira da última década, é possível notar certas variações nos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos nos milhos (ALBINO et al., 1992c; DEGUSSA, 1993; RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993; NRC, 1994; ROSTAGNO et al., 1995; FISCHER JR. et al., 1998b; BELLAVER et al., 1998; e DALE, 1999), farelo de glúten 21 (RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993; DEGUSSA, 1993; NRC, 1994; e DALE, 1999) e farelo de glúten 60 (RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993; DEGUSSA, 1993; NRC, 1994; FISCHER JR. et al., 1998b; e DALE, 1999). Não constam da literatura coeficientes de digestibilidade para amostras de gérmen de milho com composição semelhante à do presente experimento, o mesmo ocorrendo com o milheto, em que a literatura ainda é escassa em relação a aminoácidos digestíveis.

Quando se aplica o teste de agrupamento de Scott-Knott, nota-se variação entre os alimentos e mesmo entre os aminoácidos de um mesmo alimento, nos coeficientes de digestibilidade, o que mostra a importância de se considerar a digestibilidade dos aminoácidos nas formulações. Esta diferença nos coeficientes de digestibilidade de um mesmo alimento, possivelmente, poderia estar associada, entre outros fatores, à grande variação nos valores de excreção endógena de aminoácidos, determinados com aves em jejum, o que não padroniza as perdas endógenas (FISCHER JR., 1997) e, conseqüentemente, leva a estimativas diferenciadas. Entretanto, quando se observam os coeficientes de variação obtidos no presente trabalho, pode-se afirmar que o método de alimentação forçada com galos adultos apresentou boa precisão e eficácia nas estimativas dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos.

De maneira geral, os aminoácidos lisina, metionina + cistina e treonina foram os que apresentaram maiores variações entre os alimentos, sendo o farelo de glúten 21 o alimento com menor digestibilidade dos aminoácidos, independentemente da essencialidade destes. Isto possivelmente pode estar associado ao elevado teor de fibra, quando comparado aos demais alimentos estudados. A fibra pode influir nos valores de digestibilidade, devido a alterações na excreção endógena dos animais (PARSONS, 1984; COON, 1991; e JOHNSON, 1992).

Quando se comparam os quatro milhos estudados, observa-se que houve variações na digestibilidade da maioria dos aminoácidos, tanto essenciais quanto não-essenciais, com algumas exceções (metionina, arginina, histidina, ácidos aspártico e glutâmico). Estes resultados são importantes por mostrar que não só a energia, como descrito por LEESON et al. (1993), mas também outros nutrientes podem variar sua digestibilidade, em função de diferentes lotes, variedades ou processamentos. A lisina do milho QPM foi mais digestível que a das demais amostras de milho, no entanto, este comportamento não foi observado para os outros aminoácidos, nos quais o QPM apresentou coeficientes de digestibilidade semelhantes ou inferiores aos outros milhos.

As digestibilidades dos aminoácidos do milheto, tanto os essenciais quanto os não-essenciais, foram altas, particularmente na amostra 2, a qual foi muito semelhante ao farelo de glúten 60, que apresentou ótimo aporte em aminoácidos e na digestibilidade destes, mostrando mais uma vez a importância de se considerar o milheto como fonte alternativa nas formulações.

A amostra de gérmen de milho desengordurado apresentou menores coeficientes de digestibilidade que as outras duas amostras, com exceção da arginina, histidina e do ácido glutâmico, que foram semelhantes. Esta diferença pode, possivelmente, estar associada ao processo de desengorduramento do gérmen.

Quando se consideram os aminoácidos essenciais e não-essenciais totais, observa-se que o farelo de glúten 21, seguido do gérmen desengordurado e das amostras de milho QPM e 2, foram os que apresentaram menor digestibilidade (82,11; 87,92; 88,40; 88,62 e 79,10; 86,18; 85,75; e 87,33%, respectivamente).

Nos Quadros 5 e 6, estão apresentados os conteúdos de aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, de subprodutos e do milheto, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade determinados com galos adultos cecectomizados. De acordo com ROSTAGNO et al. (1999), já é uma realidade que os valores de aminoácidos dos alimentos devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis, e não totais, tornando os valores obtidos no presente trabalho de grande utilidade nas formulações. De acordo com

DEGUSSA (1993), o valor de uma proteína alimentar depende de seu conteúdo em aminoácidos essenciais e sua disponibilidade para o metabolismo das aves.

Quando se consideram os aminoácidos em função de sua digestibilidade, pode-se garantir o fornecimento adequado destes aos animais. O farelo de glúten 21, por exemplo, apresentou pouco mais de 80% de aminoácidos digestíveis (82,11 e 79,10%, em média, respectivamente, para essenciais e não-essenciais), em relação ao conteúdo total analisado. Por outro lado, o farelo de glúten 60 com aminoácidos, de digestibilidade elevada, situa-se mais próximo daquela composição bruta (aproximadamente 5% de diferença), por apresentar alta digestibilidade de seus aminoácidos.

Quadro 5 - Conteúdo de aminoácidos essenciais digestíveis do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}												
	MS (%)	PB (%)	LIS (%)	MET (%)	M + C (%)	TRE (%)	ARG (%)	HIS (%)	ILE (%)	LEU (%)	FEN (%)	VAL (%)	AAE (%)
Milho 1	87,86	9,82	0,22	0,18	0,40	0,29	0,35	0,31	0,31	1,22	0,46	0,40	3,74
Milho 2	86,65	8,07	0,23	0,19	0,38	0,24	0,37	0,23	0,25	0,91	0,35	0,34	3,12
Milho QPM	88,52	7,67	0,32	0,12	0,25	0,24	0,42	0,31	0,21	0,60	0,28	0,38	2,88
Milho pré-cozido	88,82	8,43	0,22	0,17	0,32	0,26	0,34	0,28	0,27	1,01	0,39	0,36	3,30
Farelo de glúten 60	92,09	62,15	0,91	1,24	2,05	1,98	1,76	1,17	2,57	10,51	3,89	2,63	26,67
Farelo de glúten 21	85,59	24,00	0,35	0,31	0,64	0,64	0,59	0,66	0,60	1,92	0,69	0,97	6,72
Gérmen de milho (GM)	89,47	8,96	0,30	0,17	0,33	0,29	0,51	0,26	0,29	0,89	0,39	0,42	3,53
Gérmen de milho fino	90,65	9,73	0,48	0,19	0,38	0,32	0,73	0,31	0,30	0,79	0,40	0,50	4,02
GM desengordurado	90,16	10,85	0,46	0,18	0,34	0,33	0,66	0,30	0,30	0,82	0,41	0,46	3,92
Milheto 1	89,47	12,40	0,33	0,22	0,37	0,39	0,46	0,24	0,46	1,13	0,54	0,59	4,36
Milheto 2	88,52	13,41	0,38	0,28	0,50	0,47	0,58	0,30	0,53	1,30	0,64	0,68	5,15

¹ Valores calculados por meio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e do conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

² MS (matéria seca), PB (proteína bruta), LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AAE (total dos aminoácidos essenciais).

Quadro 6 - Conteúdo de aminoácidos não-essenciais digestíveis do milho e subprodutos e do milheto

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}						
	CIS (%)	ALA (%)	ASP (%)	GLU (%)	SER (%)	TIR (%)	AANE (%)
Milho 1	0,19	0,68	0,53	1,73	0,44	0,27	3,83
Milho 2	0,17	0,52	0,46	1,35	0,33	0,22	3,05
Milho QPM	0,13	0,41	0,51	1,13	0,27	0,17	2,62
Milho pré-cozido	0,14	0,57	0,52	1,48	0,37	0,23	3,31
Farelo de glúten 60	0,81	5,41	3,66	13,46	3,15	3,09	29,58
Farelo de glúten 21	0,34	1,51	0,87	3,10	0,71	0,34	6,87
Gérmen de milho (GM)	0,16	0,55	0,57	1,43	0,37	0,25	3,32
Gérmen de milho fino	0,18	0,60	0,66	1,39	0,42	0,25	3,49
GM desengordurado	0,16	0,59	0,73	1,52	0,42	0,24	3,65
Milheto 1	0,15	0,85	0,88	2,19	0,50	0,22	4,78
Milheto 2	0,22	0,98	1,05	2,55	0,59	0,29	5,70

¹ Valores calculados por meio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e do conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

² CIS (cistina), ALA (alanina), SER (serina), GLU (ácido glutâmico), ASP (ácido aspártico), TIR (tirosina), AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

Quando se comparam as médias dos aminoácidos essenciais das duas amostras de milho e dos quatro milhos, observa-se diferença no conteúdo de aminoácidos digestíveis de 46,0% (4,76 e 3,26%, respectivamente) e, ao se considerar o conteúdo em aminoácidos totais, esta diferença cai para 42,7% (5,15 e 3,61%, respectivamente). A superioridade entre a média das amostras do milho e dos milhos é ainda mais expressiva, quando se consideram os aminoácidos não-essenciais digestíveis, em que a variação foi de 63,75% (5,24 e 3,20%, respectivamente). Esta observação reforça a colocação de ROSTAGNO (1990) de que, quando se utilizam alimentos não-convencionais nas formulações, o uso de aminoácidos digestíveis é mais vantajoso. Este maior conteúdo de aminoácidos digestíveis do milho aumenta a necessidade de pesquisas viabilizando seu uso nas formulações de rações para aves.

3.3. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos

Nos Quadros 7 e 8, estão apresentadas as equações estabelecidas para prever o conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, respectivamente, do milho e subprodutos, calculadas em função da composição destes alimentos em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). Com exceção da lisina e arginina, para as quais os valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram os mais baixos nas equações estabelecidas, em função da composição em proteína bruta, para prever o conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros nos alimentos (0,83 e 0,90 e 0,78 e 0,88, respectivamente), as demais equações ajustadas explicaram mais de 93% da variação nos teores destes aminoácidos, seja com a PB isoladamente ou em combinação com as demais variáveis (FB, EE e MM).

A PB dos alimentos foi altamente correlacionada com os aminoácidos destes, variando de 91,33 a 99,97 e de 88,35 a 99,70%, respectivamente, para lisina e treonina totais e digestíveis. A FB, com exceção da lisina total (1,96%), mostrou baixa correlação negativa (2,33 a 16,04 e 9,98 a 19,28%), inversamente ao EE, o qual esteve correlacionado positivamente (3,83 a 21,67 e 4,48 a 26,18%, respectivamente) para aminoácidos totais e digestíveis.

Quadro 7 - Equações de predição do conteúdo de lisina (LIS), metionina (MET), metionina + cistina (MET+CIS), treonina (TRE), arginina (ARG), soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais totais do milho e subprodutos, com suas respectivas correlações, calculadas pela composição química dos alimentos

	Constante	PB	FB	EE	MM	R ²
LIS	0,13957	0,01149	-0,05928	0,01717	0,06109	0,99
	0,20915	0,01156	-0,6279	----	0,06288	0,96
	0,26488	0,01198	----	----	----	0,83
MET	0,03468	0,02023	-0,02273	----	----	0,99
	-0,01315	0,02031	----	----	----	0,98
MET + CIS	0,07769	0,03448	----	----	----	0,99
TRE	0,05576	0,03410	----	----	----	0,99
ARG	0,17835	0,02291	-0,11095	0,02884	0,08357	0,99
	0,29523	0,02302	-0,11684	----	0,08659	0,98
	0,30805	0,02370	----	----	----	0,90
Essenciais ¹	0,36069	0,43812	-0,55832	----	0,13715	0,99
	0,45900	0,43907	-0,41033	----	----	0,99
	-0,40424	0,44048	----	----	----	0,99
Não-essenciais ²	-0,25225	0,49648	-0,47289	----	----	0,99
	-1,24708	0,49811	----	----	----	0,99
Correlações						
LIS	----	0,9133	0,0196	0,2167	0,2324	----
MET	----	0,9900	-0,1604	0,0537	-0,0820	----
MET+CIS	----	0,9985	-0,0482	0,0458	-0,0150	----
TRE	----	0,9997	-0,0233	0,0485	0,0306	----
ARG	----	0,9487	-0,1388	0,2063	0,0485	----
Essenciais	----	0,9935	-0,1388	0,0538	-0,0629	----
Não-essenciais	----	0,9935	-0,1409	0,0383	-0,0725	----

¹ Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

² Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

Quadro 8 - Equações de predição do conteúdo de lisina (LIS), metionina (MET), metionina + cistina (MET+CIS), treonina (TRE), arginina (ARG), soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais digestíveis do milho e subprodutos, com suas respectivas correlações, calculadas pela composição química dos alimentos

	Constante	PB	FB	EE	MM	R ²
LIS	0,13940	0,01012	-0,07589	0,01874	0,06084	0,98
	0,21533	0,01019	-0,07972	----	0,06280	0,94
	0,23518	0,01067	----	----	----	0,78
MET	0,03559	0,01941	-0,02737	----	----	0,99
	-0,02198	0,01951	----	----	----	0,97
MET + CIS	0,11642	0,03131	-0,03268	----	----	0,99
	0,04767	0,03143	----	----	----	0,99
TRE	0,02236	0,03149	-0,01889	----	----	0,99
	-0,01738	0,03156	----	----	----	0,99
ARG	0,14558	0,02235	-0,11596	0,03221	0,08429	0,99
	0,27610	0,02247	-0,12254	----	0,08766	0,97
	0,28013	0,02318	----	----	----	0,88
Essenciais ¹	0,30332	0,42118	-0,72262	----	0,16745	0,99
	0,42334	0,42235	-0,54194	----	----	0,99
	-0,71676	0,42421	----	----	----	0,98
Não-essenciais ²	-0,17913	0,47821	-0,64804	----	----	0,99
	-1,54245	0,48044	----	----	----	0,97
Correlações						
LIS	----	0,8835	-0,1433	0,2618	0,1039	----
MET	----	0,9851	-0,1928	0,0518	-0,1112	----
MET+CIS	----	0,9909	-0,1512	0,0489	-0,0845	----
TRE	----	0,9970	-0,0998	0,0596	-0,0302	----
ARG	----	0,9401	-0,1620	0,2274	0,0312	----
Essenciais	----	0,9880	-0,1787	0,0618	-0,0949	----
Não-essenciais	----	0,9870	-0,1868	0,0448	-0,1089	----

¹ Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

² Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

Estas correlações são superiores àquelas apresentadas nas equações descritas pelo NRC (1998), para o milho (lisina, treonina, metionina e metionina mais cistina), farelo de glúten 60 (treonina) e farelo de glúten 21 (lisina, treonina e metionina). Entretanto, vale ressaltar que, no presente trabalho, as equações foram estabelecidas para prever os aminoácidos pela composição química de um grupo de alimentos, e não a partir de várias amostras de um mesmo alimento, sendo definida uma só equação que estimasse o conteúdo de cada aminoácido estudado (totais ou digestíveis) de todos os alimentos do grupo. Os NRC (1994, 1998) apresentam equações diferenciadas para cada alimento descrito anteriormente, o que pode ter levado a diferenças nas correlações.

Quando se consideraram as equações em que todas as variáveis independentes apresentaram significância no modelo (5% de probabilidade), nota-se que, após a PB, a FB, seguida da MM, teve maior participação e somente o EE se ajustou significativamente para a lisina e arginina, total e digestível. Para a treonina e metionina mais cistina totais, somente foi possível ajustar equações em que a PB foi a única variável independente no modelo.

Comparando as equações dos aminoácidos totais estudados apresentadas no NRC (1994), somente a treonina é destacada com uma equação ajustada com outras variáveis além da PB (umidade, EE e FB). Já o farelo de glúten 60, para lisina e arginina, foi semelhante ao presente trabalho, ajustando equações com maior número de variáveis. NUNES (1999) observou bons ajustes de equações para prever o conteúdo de aminoácidos digestíveis do grão de trigo e subprodutos com a PB e EE para a lisina e PB e FDN para os demais aminoácidos estudados.

O conteúdo dos aminoácidos totais analisados e digestíveis verdadeiros determinados no ensaio biológico com galos adultos cecectomizados e daqueles estimados por meio das equações de predição ajustadas, juntamente com a média da soma do quadrado dos desvios, está apresentado nos Quadros 9 e 10, respectivamente.

Observa-se, pela média geral dos valores estimados e observados, que somente a metionina digestível variou em 2,94%. No entanto, quando se avaliam isoladamente os alimentos, observa-se que lisina e arginina totais e digestíveis mostraram tendência de serem, de certa forma, superestimadas para o milho e subestimadas para as amostras de gérmen de milho fino e

desengordurado, o que, possivelmente, está associado aos menores valores de R^2 encontrados no ajuste das equações para estes dois aminoácidos.

A soma dos aminoácidos essenciais e dos não-essenciais mostraram maiores variações entre as estimativas e os valores obtidos no ensaio biológico, o que pode ser notado pela média da soma do quadrado dos desvios. Apesar destas observações, as equações foram, de maneira geral, boas em prever o conteúdo de aminoácidos totais ou digestíveis dos alimentos estudados, considerando que as estimativas foram obtidas por meio das equações que continham apenas a PB como variável, já que apresentaram alta correlação positiva com os aminoácidos em questão e, conseqüentemente, menores R^2 , quando comparadas àquelas com mais variáveis que, certamente, farão melhores predições.

Quadro 9 - Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina, arginina, soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais totais do milho e subprodutos, por meio das equações de predição, em função da composição química dos alimentos (expressos com base na matéria seca)¹

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Essenciais ²		Não-essenciais ³	
	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Milho 1	0,27	0,40	0,22	0,21	0,48	0,46	0,40	0,44	0,44	0,57	4,61	4,52	4,70	4,32
Milho 2	0,30	0,38	0,23	0,18	0,47	0,40	0,37	0,37	0,46	0,53	4,03	3,70	3,94	3,39
Milho QPM	0,37	0,37	0,15	0,16	0,34	0,38	0,37	0,35	0,51	0,51	3,69	3,41	3,32	3,07
Milho pré-cozido	0,28	0,38	0,20	0,18	0,41	0,40	0,37	0,38	0,41	0,53	4,09	3,78	4,08	3,48
Farelo de glúten 60	1,08	1,07	1,40	1,36	2,41	2,40	2,36	2,36	1,97	1,91	30,12	29,32	33,27	32,37
Farelo de glúten 21	0,57	0,60	0,42	0,56	1,03	1,04	1,02	1,01	0,76	0,97	9,42	11,95	9,90	12,72
Gérmen de milho (GM)	0,38	0,38	0,20	0,19	0,40	0,42	0,40	0,40	0,59	0,55	4,27	4,00	4,00	3,74
Gérmen de milho fino	0,55	0,39	0,23	0,20	0,47	0,45	0,43	0,42	0,82	0,56	4,74	4,32	4,16	4,10
GM desengordurado	0,58	0,41	0,22	0,23	0,44	0,49	0,48	0,47	0,78	0,59	4,92	4,89	4,57	4,75
Médias das estimativas	0,49	0,49	0,36	0,36	0,72	0,72	0,69	0,69	0,75	0,75	7,77	7,77	7,99	7,99
Médias ⁴	0,00945		0,00278		0,00122		0,00025		0,02073		0,84240		1,08340	

¹ Lisina = $0,26488 + 0,01198PB$ ($R^2 = 0,83$); Metionina = $-0,01315 + 0,02023PB$ ($R^2 = 0,98$); Metionina + cistina = $0,07769 + 0,03448PB$ ($R^2 = 0,99$); Treonina = $0,05576 + 0,03410PB$ ($R^2 = 0,99$); Arginina = $0,30805 + 0,02370PB$ ($R^2 = 0,90$); Essenciais = $-0,40424 + 0,44048PB$ ($R^2 = 0,99$); e Não-essenciais = $-1,24708 + 0,49811PB$ ($R^2 = 0,99$).

² Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

³ Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

⁴ Médias da soma do quadrado dos desvios.

Quadro 10 - Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina, arginina, soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais digestíveis do milho e subprodutos, por meio das equações de predição, em função da composição química dos alimentos (expressos com base na matéria seca)¹

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Essenciais ²		Não-essenciais ³	
	Obs ⁴ .	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Milho 1	0,25	0,35	0,20	0,20	0,46	0,40	0,33	0,34	0,40	0,54	4,26	4,03	4,36	3,83
Milho 2	0,27	0,33	0,22	0,16	0,44	0,34	0,28	0,28	0,43	0,50	3,60	3,23	3,52	2,93
Milho QPM	0,36	0,33	0,14	0,15	0,28	0,32	0,27	0,26	0,47	0,48	3,25	2,96	2,96	2,62
Milho pré-cozido	0,25	0,34	0,19	0,17	0,36	0,35	0,29	0,28	0,38	0,50	3,72	3,31	3,73	3,02
Farelo de glúten 60	0,99	0,96	1,35	1,32	2,23	2,17	2,15	2,11	1,91	1,84	28,96	27,91	32,12	30,88
Farelo de glúten 21	0,41	0,53	0,36	0,54	0,75	0,93	0,75	0,87	0,69	0,93	7,85	11,18	8,03	11,93
Gérmen de milho (GM)	0,34	0,34	0,19	0,18	0,37	0,36	0,32	0,30	0,57	0,51	3,95	3,53	3,71	3,27
Gérmen de milho fino	0,53	0,35	0,21	0,19	0,42	0,38	0,35	0,32	0,81	0,53	4,43	3,84	3,85	3,61
GM desengordurado	0,51	0,36	0,20	0,22	0,38	0,43	0,37	0,36	0,73	0,56	4,35	4,39	4,05	4,24
Médias	0,43	0,43	0,34	0,35	0,63	0,63	0,57	0,57	0,71	0,71	7,15	7,15	7,37	7,37
Médias ⁵	0,01059		0,00399		0,00601		0,00198		0,0234		1,4600		2,0334	

¹ Lisina = $0,23518 + 0,01067PB$ ($R^2 = 0,78$); Metionina = $-0,02198 + 0,01951PB$ ($R^2 = 0,97$); Metionina + cistina = $0,04767 + 0,03143PB$ ($R^2 = 0,98$); Treonina = $-0,01738 + 0,03156PB$ ($R^2 = 0,99$); Arginina = $0,28013 + 0,02318PB$ ($R^2 = 0,88$); Essenciais = $-0,71676 + 0,42421PB$ ($R^2 = 0,98$); e Não-essenciais = $-1,542453 + 0,48044PB$ ($R^2 = 0,97$).

² Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

³ Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

⁴ Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos por meio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* com galos adultos cecectomizados.

⁵ Médias da soma do quadrado dos desvios.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um ensaio biológico com galos Leghorne adultos cecectomizados, no Laboratório Animal do DZO/UFV, com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade e o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho e seus subprodutos e do milheto, utilizando o método de alimentação forçada. Cada um dos alimentos foi fornecido a seis galos, sendo 15 g no período da manhã e 15 g à tarde; a unidade experimental foi constituída de dois galos. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum para determinação das perdas endógenas. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia, para evitar fermentações, acondicionadas em vidros e congeladas em freezer até o final do experimento, quando foram quantificadas e preparadas para as análises laboratoriais (matéria seca, nitrogênio e aminoácidos). Após obtidos os coeficientes de digestibilidade e calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis de cada alimento, ajustaram-se equações para prever a composição dos alimentos em lisina, metionina, metionina + cistina, treonina, arginina, a soma dos aminoácidos essenciais e a dos não-essenciais, totais e digestíveis, em função da composição em proteína bruta (PB), fibra bruta, extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). Os resultados do presente ensaio permitiram concluir que os coeficientes médios de digestibilidade dos aminoácidos (essenciais e não-essenciais) das amostras de milho 1, 2, QPM e pré-cozido, farelos de glúten 60 e 21, gérmen de milho, gérmen de milho fino e desengordurado e dos milhetos 1 e 2 foram 92,02 e

90,69; 88,62 e 87,33; 88,40 e 85,75; 90,20 e 88,99; 95,04 e 94,84; 82,11 e 79,10; 91,84 e 91,30; 92,56 e 91,59; 87,92 e 86,18; 91,04 e 88,70; e 93,55 e 93,79%, respectivamente; alimentos com maior teor de fibra, como o farelo de glúten 21, apresentam menores coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos; o milheto é um alimento alternativo ao milho nas formulações, com aminoácidos de alta digestibilidade; as equações contendo a variável PB fizeram boas estimativas do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos, podendo-se utilizar, para estimar os aminoácidos digestíveis do milho e seus subprodutos, as equações: Lisina = $0,23518 + 0,01067PB$; Metionina + cistina = $0,04767 + 0,03143PB$; Treonina = $-0,01738 + 0,03156PB$ e Arginina = $0,28013 + 0,02318PB$.

CAPÍTULO 5

AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DA SOJA E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS

1. INTRODUÇÃO

A formulação e o balanceamento de ração consistem na mistura de vários alimentos, com o objetivo de atender, adequadamente, às exigências nutricionais dos animais, em cada fase de criação, para que os mesmos possam expressar todo seu potencial genético de desempenho. Para que haja maior precisão neste processo, deve-se ter conhecimento da composição nutricional dos alimentos, bem como de suas limitações de uso (ALBINO e SILVA, 1996).

A soja, seja na forma de grãos ou farelo, é destacada na literatura como importante matéria-prima na formulação de rações, devido a seu elevado valor nutritivo. De acordo com DALE (1997), vários estudos vêm sendo realizados visando obter máximo aproveitamento de suas propriedades nutricionais, já que, na maioria das vezes, o farelo de soja é responsável por, aproximadamente, 70% da suplementação protéica nas rações.

A maior parte dos aminoácidos ingeridos pelas aves está na forma de proteína, que, ao ser digerida, libera estes para que sejam absorvidos (ALBINO et al., 1992c). No entanto, os aminoácidos não estão totalmente disponíveis para a absorção e, dessa forma, o conhecimento dos coeficientes de digestibilidade verdadeira destes, nos diferentes alimentos, pode ser imprescindível para que os nutricionistas maximizem seu aproveitamento,

aumentando a produtividade e o retorno econômico da produção (FISCHER JR. et al., 1998b). Assim, o interesse pela digestibilidade dos aminoácidos nos alimentos é crescente e, segundo ROSTAGNO et al. (1999), já é uma realidade o fato de que os aminoácidos dos alimentos devem ser expressos na forma de aminoácidos digestíveis. É possível notar na literatura atual que, para determinação dos coeficientes de digestibilidade, o uso de aves cecectomizadas tem sido o método mais comum, uma vez que a influência da flora microbiana presente nos cecos das aves sobre os valores dos coeficientes de digestibilidade encontrados tem sido muito questionada. O método mais utilizado é a metodologia descrita por SIBBALD (1979), em que se utilizam galos adultos cecectomizados. Também, a possibilidade de se utilizarem equações que possam prever a composição dos alimentos em aminoácidos, a partir de sua composição química, atualmente, tem sido destacada. O NRC (1998) traz uma série de equações estabelecidas para estimar a composição de alguns aminoácidos essenciais totais a partir do teor de proteína bruta dos alimentos.

Dessa forma, o presente trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos da soja integral e subprodutos e, a partir destes, o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos. Posteriormente, procurou-se ajustar equações para prever o conteúdo de alguns aminoácidos essenciais totais e digestíveis, a partir da composição deste grupo de alimentos em proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e do conteúdo em aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e de subprodutos, foi conduzido um ensaio biológico no Laboratório Animal do DZO/UFV, no período de 08/02/1998 a 02/03/1998. Utilizou-se o método de alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (SIBBALD, 1979), utilizando-se galos Leghorne adultos cecectomizados, com 21 meses de idade e peso médio de 2132 ± 257 g.

Os galos foram cecectomizados no Setor de Avicultura do DZO/UFV, por meio de laparotomia abdominal e anestesia local, conforme a metodologia descrita posteriormente por PUPA et al. (1995). As temperaturas, mínima e máxima, médias registradas no período experimental foram de $22,9 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$ e $28,9 \pm 3,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

Cada um dos oito alimentos estudados descritos no Capítulo 3 foi fornecido a seis galos, repetidos três vezes no tempo, sendo um galo por unidade experimental, observando-se que cada galo não deveria receber o mesmo alimento duas vezes. As excretas das duas repetições que receberam o mesmo alimento foram coletadas em um mesmo vidro, totalizando assim três repetições de dois galos por alimento. Simultaneamente, foram mantidas em jejum três repetições de dois galos, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Utilizou-se um intervalo de quatro dias entre cada repetição,

para descanso dos galos, período no qual as aves receberam uma ração para frangos de corte em terminação, objetivando melhor recuperação dos animais.

Antes do período experimental, os galos foram alojados nas baterias e passaram por um período de adaptação, recebendo alimentação em dois turnos de 1 hora, às 8 e 16 h, visando à dilatação do papo. Em seguida, foram mantidos em jejum por 24 horas, com o objetivo de esvaziar o trato digestivo, e, então, forçados a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo. Foram fornecidos 15 g dos alimentos às 8 h e 15 g às 16 h, para evitar regurgitações.

As bandejas sob o piso das gaiolas foram revestidas com plástico, e a coleta de excretas foi realizada às 8 e 16 h, por um período de 56 horas, após iniciado o fornecimento dos alimentos. As excretas foram coletadas e acondicionadas em freezer até o final do experimento, quando foram descongeladas, devidamente quantificadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por um período de 72 horas. Posteriormente, as amostras dos alimentos foram analisadas em matéria seca e nitrogênio, por meio das metodologias descritas por SILVA (1990), e o conteúdo em aminoácidos, determinados no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, determinaram-se os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido (CDVaa) e, assim, o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de cada alimento. Os coeficientes de digestibilidade foram calculados por meio da fórmula proposta por ROSTAGNO E FEATHERSTON (1977), a seguir:

$$CDVaa = \frac{\text{aminoácido ingerido} - \text{aminoácido excretado} + \text{aminoácido da fração endógena}}{\text{aminoácido ingerido (em gramas)}}$$

Uma vez obtidos os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de cada alimento e os coeficientes da soma dos essenciais e dos não-essenciais, os dados de cada aminoácido foram submetidos à análise estatística, cujo modelo utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + e_{ij0}$$

em que

Y_{ij} = coeficiente de digestibilidade verdadeira determinado para cada aminoácido do alimento i , na repetição j ; ($i = 1, 2, \dots, 8$ e $j = 1, 2, 3$);

μ = média geral;

A_i = efeito do alimento i ; e

e_{ij} = erro associado a cada observação.

Os aminoácidos cuja análise de variância apresentou efeito significativo ($P < 0,05$) foram comparados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, sendo o procedimento estatístico realizado por intermédio do pacote SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, versão 5.0 (UFV, 1992).

2.2. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros da soja e de subprodutos, em função da composição química dos alimentos

Após determinados os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros, foram estimadas equações para predizer o conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros (lisina, metionina, metionina + cistina, treonina e arginina) e a soma dos essenciais e dos não-essenciais deste grupo de alimentos, a partir da composição em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), com base em regressões lineares simples e múltiplas, por meio do Método de Eliminação Indireta ou *Backward*, por intermédio do pacote SAEG, mencionado anteriormente.

Utilizaram-se, na predição das equações, os valores de proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral. Para obter equações de maior precisão, foram adotados o teste T e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações preditas em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição em aminoácidos totais

A composição em aminoácidos essenciais e não-essenciais das amostras de farelos de soja 1, 2, 3, 4 e texturizado, sojas integral (“Jet Sploder” e tostada) e micronizada encontra-se nos Quadros 1 e 2, respectivamente, e mostra variação em relação aos valores apresentados na literatura, em que alguns aminoácidos são superiores, inferiores ou semelhantes aos observados no presente trabalho.

O teor médio de lisina dos farelos de soja, por exemplo, foi 5,90; 8,12; 5,17; e 7,01% inferior aos valores apresentados por ROSTAGNO et al. (1983), FISCHER JR. (1997), BELLAVER et al. (1998) e DALE (1999), respectivamente, sendo 7,54 e 4,32% superior aos apresentados por ALBINO et al. (1992c) e PUPA (1995) e semelhante aos valores descritos por RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION (1993) e NRC (1994). Observou-se variabilidade também, quando se compararam os resultados deste trabalho com as tabelas da EMBRAPA (1991), DEGUSSA (1993) e do NRC (1998).

A média da lisina das amostras de soja integral (“Jet Sploder” e tostada) diferiu dos valores de RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), NRC (1994) e FISCHER JR. (1997) e foi semelhante àquela descrita no NRC (1998). Dessa forma, nota-se que não só a lisina, mas também os demais aminoácidos essenciais, varia em composição, dentro de amostras, como observado para o farelo de soja no presente trabalho e também por PUPA (1995), e em comparação com a literatura. Estas observações reforçam as

colocações de ALBINO et al. (1987) de que a composição dos alimentos é influenciada pela variação nos solos e climas em que são cultivados, pelas variedades e pelo processamento a que são submetidos.

Quadro 1 - Conteúdo de aminoácidos essenciais totais da soja e subprodutos

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}												
	MS (%)	PB (%)	LIS (%)	MET (%)	M + C (%)	TRE (%)	ARG (%)	HIS (%)	ILE (%)	LEU (%)	FEN (%)	VAL (%)	AAE (%)
Farelo de soja 1	89,17	44,09	2,71	0,61	1,23	1,77	3,16	1,12	2,06	3,37	2,23	2,10	19,13
Farelo de soja 2	89,37	43,43	2,66	0,61	1,20	1,74	3,09	1,11	1,92	3,37	2,15	1,99	18,62
Farelo de soja 3	89,66	44,51	2,65	0,60	1,19	1,70	3,19	1,09	1,98	3,32	2,20	2,12	18,84
Farelo de soja 4	89,35	46,43	2,83	0,62	1,21	1,80	3,41	1,19	2,18	3,57	2,40	2,25	20,25
Farelo de soja texturizado	93,65	49,30	3,03	0,68	1,37	1,98	3,61	1,26	2,19	3,73	2,57	2,43	21,47
Soja integral “Jet Sploder”	90,18	36,96	2,15	0,50	1,01	1,49	2,52	0,91	1,74	2,89	1,88	1,75	15,85
Soja integral tostada	92,35	37,97	2,29	0,54	1,06	1,57	2,74	0,98	1,87	2,99	2,01	1,94	16,93
Soja micronizada	93,48	38,53	2,31	0,52	1,05	1,53	2,78	0,99	1,86	3,02	2,02	1,98	17,01

¹ Análises realizadas no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

² MS (matéria seca), PB (proteína bruta), LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

Quadro 2 - Conteúdo de aminoácidos não-essenciais totais da soja e subprodutos

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}							
	CIS (%)	ALA (%)	ASP (%)	GLU (%)	GLI (%)	SER (%)	TIR (%)	AANE (%)
Farelo de soja 1	0,62	1,83	5,11	8,16	1,86	2,19	1,43	21,20
Farelo de soja 2	0,59	1,87	5,15	8,21	1,92	2,29	1,50	21,52
Farelo de soja 3	0,60	1,83	5,12	7,98	1,85	2,16	1,46	21,00
Farelo de soja 4	0,58	1,88	5,29	8,54	1,91	2,25	1,60	22,04
Farelo de soja texturizado	0,69	2,03	5,75	9,03	2,03	2,45	1,70	23,68
Soja integral “Jet Sploder”	0,51	1,52	4,30	6,83	1,59	1,87	1,33	17,96
Soja integral tostada	0,51	1,60	4,44	7,06	1,65	1,87	1,33	18,46
Soja micronizada	0,54	1,63	4,50	7,12	1,66	1,85	1,37	18,65

2 Análises realizadas no Laboratório da Eurolysine (Amiens - França).

2 CIS (cistina), ALA (alanina), ASP (ácido aspártico), GLU (ácido glutâmico), GLI (glicina), SER (serina), TIR (tirosina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

O farelo de soja texturizado apresentou, em todos aminoácidos essenciais e não-essenciais, composição superior aos demais alimentos do grupo estudados, o que pode ser comprovado pela soma de todos os essenciais e não-essenciais, possivelmente devido ao seu maior conteúdo em PB, quando comparado aos demais alimentos, sendo o inverso observado para a soja integral “Jet Sploder”, com exceção da cistina, serina e tirosina, as quais foram semelhantes à soja integral tostada. Por outro lado, o conteúdo de aminoácidos da soja micronizada foi bem similar ao da integral tostada e ligeiramente superior à soja integral “Jet Sploder”.

3.2. Coeficientes de digestibilidade de aminoácidos digestíveis verdadeiros

Nos Quadros 3 e 4, encontram-se as médias dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não-essenciais, respectivamente. Com exceção da metionina + cistina, treonina e valina, que apresentaram alguns coeficientes de digestibilidade abaixo de 90%, os demais aminoácidos essenciais tiveram digestibilidade superior a 91%, em que os valores observados para a arginina foram os mais elevados, em todos os alimentos estudados. Apesar de a metionina + cistina ter apresentado digestibilidades inferiores, os valores obtidos para a metionina foram, exceto para a soja integral “Jet Sploder” (91,87%), superiores a 93%.

A cistina foi, entre os aminoácidos não-essenciais, a que teve coeficientes de digestibilidade mais baixos, variando de 80,72 (soja integral Jet Sploder) a 85,86% (soja integral tostada), seguida da alanina, cujos coeficientes variaram de 83,96 a 89,46%, para a amostra de farelo de soja 4 e soja integral tostada, respectivamente. Os demais aminoácidos não-essenciais analisados tiveram digestibilidades verdadeiras, determinadas com galos cecectomizados, superiores a 90%.

Esta baixa digestibilidade da cistina possivelmente explica os coeficientes mais baixos obtidos para metionina + cistina, quando comparados aos da metionina. Comportamento semelhante pode ser observado nos resultados de PUPA (1995) e FISCHER JR. et al. (1998b), sugerindo que,

independentemente do alimento avaliado, a cistina tem digestibilidade inferior à metionina, resultando em coeficientes de digestibilidade da metionina + cistina menores.

Quando se comparam os coeficientes de digestibilidade dos farelos de soja obtidos no presente trabalho com os da literatura, pode-se observar variabilidade na maioria dos aminoácidos avaliados (ALBINO et al., 1992a; DEGUSSA, 1993; RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION, 1993; PUPA, 1995; e FISCHER JR. et al., 1998b) semelhante à observada para a composição em aminoácidos totais.

Quadro 3 - Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais da soja e subprodutos, determinados com galos adultos cecectomizados e seus respectivos desvios-padrão (DP)

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (\pm DP) ^{1,2}										
	LIS	MET	M + C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Farelo de soja 1	93,64b (0,75)	93,74 ^a (1,14)	88,30 ^a (1,50)	89,20 ^a (2,69)	96,97B (0,57)	95,15B (0,62)	92,05b (0,90)	91,90 ^a (1,18)	92,95 ^a (0,96)	89,39b (1,71)	92,78 ^a (0,75)
Farelo de soja 2	93,31b (0,44)	93,46 ^a (1,05)	87,28 ^a (2,32)	90,38 ^a (2,11)	96,74B (0,72)	94,08C (1,34)	91,59b (0,90)	92,39 ^a (1,25)	93,51 ^a (0,98)	88,43b (1,69)	92,66 ^a (0,76)
Farelo de soja 3	93,78b (0,29)	95,48 ^a (0,57)	89,70 ^a (0,44)	89,72 ^a (2,12)	97,71 ^A (0,84)	95,64B (1,37)	93,29 ^a (1,01)	92,82 ^a (0,92)	94,01 ^a (1,39)	91,34 ^a (1,04)	93,75 ^a (0,73)
Farelo de soja 4	93,88b (0,84)	93,76 ^a (1,76)	87,49 ^a (2,51)	91,07 ^a (2,73)	97,46 ^A (0,38)	95,74B (0,69)	92,36b (1,53)	92,08 ^a (1,53)	93,99 ^a (1,29)	89,54b (1,88)	93,32 ^a (1,00)
Farelo de soja texturizado	95,25 ^a (0,48)	93,97 ^a (0,36)	87,69 ^a (0,88)	89,00 ^a (0,28)	97,91 ^A (0,20)	93,68B (1,05)	91,43b (0,26)	91,71 ^a (0,51)	93,64 ^a (0,35)	89,52b (0,39)	93,20 ^a (0,22)
Soja integral “Jet Sploder”	92,65b (1,90)	91,87 ^a (2,74)	85,86 ^a (3,35)	86,81 ^a (3,04)	96,60B (0,43)	91,90D (1,70)	90,79b (1,79)	92,08 ^a (2,26)	93,43 ^a (2,24)	87,79b (2,52)	91,55 ^a (1,88)
Soja integral tostada	94,79 ^a (1,18)	95,22 ^a (0,74)	90,49 ^a (2,86)	90,50 ^a (1,35)	98,55 ^A (0,34)	95,93B (0,52)	94,71 ^a (0,74)	95,14 ^a (1,91)	96,08 ^a (1,34)	92,26 ^a (1,26)	94,80 ^a (0,996)
Soja micronizada	95,35 ^a (0,34)	94,61 ^a (1,44)	88,96 ^a (2,33)	90,75 ^a (1,36)	98,28 ^A (0,56)	98,11 ^A (0,32)	93,53 ^a (1,50)	93,78 ^a (1,37)	95,18 ^a (0,60)	91,89 ^a (2,20)	94,61 ^a (1,05)
Coeficiente de variação	0,99	1,51	2,53	2,39	0,56	1,11	1,27	1,57	1,34	1,90	1,09

¹ LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AAE (total dos aminoácidos essenciais).

² Médias seguidas de letras distintas minúsculas ($P < 0,05$) ou maiúsculas ($P < 0,01$), na coluna, diferem pelo teste de agrupamento de Scott-Knott.

Quadro 4 - Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não-essenciais da soja e subprodutos, determinados com galos adultos cecectomizados e seus respectivos desvios-padrão (DP)

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (\pm DP) ^{1,2}						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Farelo de soja 1	82,94 ^a (2,15)	86,70 ^a (1,89)	92,83 ^a (0,53)	95,62 ^a (0,86)	91,84 ^a (0,96)	94,65 ^a (1,44)	90,76 ^a (1,12)
Farelo de soja 2	81,14 ^a (4,14)	84,86 ^b (0,65)	91,41 ^b (0,55)	94,59 ^b (0,46)	91,97 ^a (1,55)	94,23 ^a (1,26)	89,70 ^a (0,99)
Farelo de soja 3	83,92 ^a (0,53)	87,11 ^a (1,20)	92,29 ^a (0,61)	95,62 ^a (0,67)	93,57 ^a (1,65)	95,07 ^a (0,72)	91,26 ^a (0,42)
Farelo de soja 4	80,96 ^a (2,80)	83,96 ^b (2,90)	93,24 ^a (0,24)	95,03 ^b (0,51)	92,55 ^a (1,53)	94,98 ^a (1,01)	90,12 ^a (1,16)
Farelo de soja texturizado	81,51 ^a (2,08)	84,21 ^b (0,35)	92,56 ^a (0,78)	96,17 ^a (0,13)	92,51 ^a (0,59)	95,89 ^a (0,60)	89,08 ^a (0,38)
Soja integral “Jet Sploder”	80,72 ^a (1,97)	84,15 ^b (2,37)	90,85 ^b (1,13)	94,04 ^b (1,53)	90,10 ^a (1,58)	94,62 ^a (1,06)	92,34 ^a (1,34)
Soja integral tostada	85,86 ^a (4,60)	89,46 ^a (2,79)	92,64 ^a (0,95)	96,11 ^a (0,83)	93,75 ^a (0,99)	96,22 ^a (0,44)	91,47 ^a (1,74)
Soja micronizada	83,50 ^a (3,19)	87,57 ^a (1,47)	91,81 ^b (1,08)	95,71 ^a (0,49)	93,38 ^a (2,01)	96,83 ^a (1,25)	90,47 ^a (1,32)
Coef. De variação (%)	3,57	2,24	0,85	0,83	1,54	1,08	1,30

¹ CIS (cistina), ALA (alanina), ASP (ácido aspártico), GLU (ácido glutâmico), SER (serina), TIR (tirosina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

² Médias seguidas de letras distintas minúsculas ($P < 0,05$), na coluna, diferem pelo teste de agrupamento de Scott-knott.

Estas variações observadas entre a literatura e mesmo entre os alimentos do presente trabalho estão, certamente, associadas ao processamento de calor ao qual estes alimentos são submetidos. Aplicação excessiva de calor pode reduzir a disponibilidade dos aminoácidos por mudanças físico-químicas, como derivação da lisina, oxidação do enxofre na cisteína e metionina e ligações cruzadas em amidas e carboxilas (ARABA e DALE, 1990a).

O coeficiente médio de digestibilidade da lisina dos farelos de soja no presente ensaio foi, em média, 7,64; 4,06; 2,53; e 1,47% superior aos resultados obtidos por DEGUSSA (1993), RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), PUPA (1995) e BELLAVÉ et al. (1998). Estas variações, no entanto, possivelmente estão associadas a diferenças em análises laboratoriais e procedimentos experimentais, como limpeza do material a ser coletado e número de coletas por dia.

Quando se comparam os alimentos estudados, nota-se que os coeficientes de digestibilidade da metionina, metionina + cistina, treonina, leucina e fenilalanina e a média da soma de todos os essenciais foram similares, quando agrupados pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$). Entretanto, a digestibilidade da lisina das quatro amostras de soja e soja integral “Jet Sploder” foi inferior à das sojas texturizada, integral tostada e micronizada. A histidina da soja micronizada foi a que apresentou maior digestibilidade (98,11%), sendo a da soja “Jet Sploder” menos digestível (91,90%).

Os coeficientes de digestibilidade da alanina e dos ácidos aspártico e glutâmico foram diferenciados entre os alimentos estudados e, quando se considerou a digestibilidade média da soma dos não-essenciais, não houve diferenças entre os alimentos, quando agrupados pelo teste de Scott-Knott ($P > 0,05$).

A partir dos coeficientes de digestibilidade determinados para cada aminoácido no ensaio biológico, calculou-se o conteúdo de aminoácidos digestíveis dos alimentos, que está apresentado nos Quadros 5 (essenciais) e 6 (não-essenciais). Estes valores são de grande utilidade, pois, conforme ROSTAGNO et al. (1999), já é realidade que, nas formulações, os valores de aminoácidos devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis.

Assim como observado para o conteúdo total de aminoácidos dos alimentos, houve certa variabilidade entre o conteúdo de aminoácidos digestíveis determinados no presente trabalho e aqueles relatados por DEGUSSA (1993), RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION (1993), PUPA (1995) e FISCHER JR. et al. (1998b), para o farelo de soja, e entre os valores do presente trabalho e aqueles de FISCHER JR. et al. (1998), para a soja integral tostada, tanto essenciais como não-essenciais. Esta diferença pode ser associada à variação observada, tanto no conteúdo total quanto nos coeficientes de digestibilidade determinados, o que pode, conseqüentemente, resultar em variáveis conteúdos de aminoácidos digestíveis.

Quadro 5 - Conteúdo de aminoácidos essenciais digestíveis da soja e subprodutos

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}												
	MS (%)	PB (%)	LIS (%)	MET (%)	M + C (%)	TRE (%)	ARG (%)	HIS (%)	ILE (%)	LEU (%)	FEN (%)	VAL (%)	AAE (%)
Farelo de soja 1	89,17	44,09	2,54	0,57	1,09	1,58	3,06	1,07	1,90	3,10	2,07	1,88	17,76
Farelo de soja 2	89,37	43,43	2,48	0,57	1,05	1,57	2,99	1,05	1,75	3,11	2,01	1,76	17,29
Farelo de soja 3	89,66	44,51	2,49	0,57	1,07	1,53	3,11	1,04	1,85	3,08	2,07	1,94	17,67
Farelo de soja 4	89,35	46,43	2,66	0,58	1,06	1,64	3,32	1,14	2,01	3,29	2,26	2,01	18,92
Prot. Texturizada de soja	93,65	49,30	2,88	0,64	1,20	1,76	3,53	1,21	2,00	3,42	2,41	2,18	20,03
Soja integral “Jet Sploder”	90,18	36,96	2,00	0,46	0,86	1,30	2,43	0,84	1,58	2,66	1,76	1,54	14,57
Soja integral tostada	92,35	37,97	2,17	0,52	0,96	1,42	2,70	0,94	1,77	2,84	1,93	1,79	16,08
Soja micronizada	93,48	38,53	2,20	0,49	0,94	1,39	2,74	0,98	1,74	2,83	1,92	1,82	16,10

¹ Valores calculados por meio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e do conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

² MS (matéria seca), PB (proteína bruta), LIS (lisina), MET (metionina), M+C (metionina + cistina), TRE (treonina), ARG (arginina), HIS (histidina), ILE (isoleucina), LEU (leucina), FEN (fenilalanina), VAL (valina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

Quadro 6 - Conteúdo de aminoácidos não-essenciais digestíveis da soja e subprodutos (valores expressos na matéria natural)

Alimento	Aminoácidos ^{1,2}						
	CIS (%)	ALA (%)	ASP (%)	GLU (%)	SER (%)	TIR (%)	AANE (%)
Farelo de soja 1	0,51	1,59	4,74	7,80	2,01	1,35	18,00
Farelo de soja 2	0,48	1,59	4,71	7,76	2,10	1,41	18,05
Farelo de soja 3	0,50	1,59	4,73	7,63	2,02	1,38	17,86
Farelo de soja 4	0,47	1,58	4,93	8,11	2,08	1,52	18,69
Farelo de soja texturizado	0,56	1,71	5,32	8,68	2,27	1,63	20,18
Soja integral “Jet Sploder”	0,41	1,28	3,91	6,42	1,69	1,26	14,97
Soja integral tostada	0,43	1,44	4,11	6,78	1,75	1,28	15,80
Soja micronizada	0,45	1,42	4,13	6,81	1,72	1,32	15,86

¹ Valores calculados por meio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e do conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

² CIS (cistina), ALA (alanina), ASP (ácido aspártico), GLU (ácido glutâmico), SER (serina), TIR (tirosina) e AANE (total dos aminoácidos não-essenciais).

3.3. Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos

Nos Quadros 7 e 8, são apresentadas as equações estabelecidas por intermédio do Método Stepwise de Eliminação Indireta (*Backward*) para predizer o conteúdo em alguns aminoácidos totais e digestíveis, respectivamente, em função da composição química da soja integral e subprodutos (PB, FB, EE, MM) e suas respectivas correlações com os aminoácidos. As equações foram estabelecidas passo a passo, sendo as variáveis de menor expressão no modelo (menor valor de F) excluídas em cada seqüência. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes que compunham o modelo apresentassem significância pelo teste T.

Nota-se que, com exceção da arginina e soma de todos os essenciais, em que o EE teve participação significativa nas equações desenvolvidas, as demais equações somente foram ajustadas com a variável PB, tanto para aminoácidos totais quanto digestíveis. Entretanto, os coeficientes de determinação foram elevados, explicando mais de 91% das variações no conteúdo de todos aminoácidos estudados. Os valores de R^2 variaram de 0,91 (metionina + cistina digestível) a 0,99 (arginina total), mostrando que houve, no geral, bons ajustes.

A PB foi a variável que mais esteve correlacionada com os aminoácidos estudados, apresentando alta correlação positiva, cujos valores variaram de 97,16 a 99,35% para os totais e de 95,43 a 98,84% para metionina + cistina e lisina, totais e digestíveis, respectivamente. A MM, apesar de se correlacionar positivamente com os aminoácidos, com valores altos (84,14 a 88,77% para os totais e 84,06 a 88,53% para os digestíveis), não se ajustou significativamente em nenhum modelo. A FB também não participou das equações e, com exceção da metionina, que mostrou baixa correlação positiva com a fibra, os demais aminoácidos apresentaram correlação negativa inferior a 10%.

O EE se correlacionou negativamente, com valores superiores a 90% para os aminoácido totais e entre 88,19 (soma dos essenciais) e 95,18% (não-

essenciais). Estas correlações da PB com a lisina, treonina, metionina e metionina + cistina observadas no presente ensaio são maiores que aquelas apresentadas pelo NRC (1998), para os aminoácidos totais do farelo de soja, ressaltando-se que, no presente trabalho, as equações foram ajustadas por meio da composição de um grupo de alimentos, e não de um alimento isoladamente.

Quadro 7 - Equações de predição do conteúdo de lisina (LIS), metionina (MET), metionina + cistina (MET+CIS), treonina (TRE), arginina (ARG), soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais totais da soja e subprodutos, e suas respectivas correlações, calculadas por meio da composição química dos alimentos

	Constante	PB	FB	EE	MM	R ²
LIS	-0,32161	0,06731	----	----	----	0,99
MET	0,02263	0,01323	----	----	----	0,96
MET + CIS	0,07894	0,02563	----	----	----	0,94
TRE	0,20930	0,03533	----	----	----	0,95
ARG	-2,19880	0,11509	----	0,01702	----	0,99
	-0,39589	0,08022	----	----	----	0,98
Essenciais ¹	-6,98509	0,56682	----	0,07655	----	0,99
	1,12170	0,41008	----	----	----	0,98
Não-essenciais ²	1,08128	0,41666	----	----	----	0,98
Correlações						
LIS	----	0,9935	-0,0393	-0,9427	0,8812	----
MET	----	0,9791	0,0357	-0,9518	0,8877	----
MET + CIS	----	0,9716	-0,0445	-0,9472	0,8606	----
TRE	----	0,9758	-0,0389	-0,9362	0,8414	----
ARG	----	0,9896	-0,0698	-0,9094	0,8691	----
Essenciais	----	0,9893	-0,0734	-0,9136	0,8552	----
Não-essenciais	----	0,9906	-0,0132	-0,9655	0,8869	----

¹ Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

² Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

Quadro 8 - Equações de predição do conteúdo de lisina (LIS), metionina (MET), metionina + cistina (MET+CIS), treonina (TRE) e arginina (ARG) e soma dos aminoácidos essenciais e não-essenciais digestíveis da soja e subprodutos, pela composição química dos alimentos

	Constante	PB	FB	EE	MM	R ²
LIS	-0,29472	0,06319	----	----	----	0,98
MET	0,02884	0,01228	----	----	----	0,93
MET + CIS	0,08974	0,02220	----	----	----	0,91
TRE	0,15813	0,03235	----	----	----	0,95
ARG	-2,7699	0,12416	----	0,02312	----	0,99
	-0,32129	0,07681	----	----	----	0,96
Essenciais ¹	-10,3926	0,60346	----	0,11269	----	0,99
	1,54240	0,37271	----	----	----	0,95
Não-essenciais ²	0,92008	0,38894	----	----	----	0,99
Correlações						
LIS	----	0,9884	-0,0878	-0,9202	0,8584	----
MET	----	0,9641	0,0511	-0,9216	0,8812	----
MET + CIS	----	0,9543	-0,0222	-0,9118	0,8683	----
TRE	----	0,9769	-0,0304	-0,9198	0,8502	----
ARG	----	0,9797	-0,0974	-0,8846	0,8500	----
Essenciais	----	0,9769	-0,0890	-0,8819	0,8406	----
Não-essenciais	----	0,9924	-0,0260	-0,9518	0,8853	----

¹ Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

² Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

O NRC (1994) descreve equações para predizer a metionina, metionina + cistina, lisina e arginina do farelo de soja, contendo as variáveis PB e MM, e equações com PB, umidade, EE, FB e MM para predizer a treonina, estando em contradição ao ajustado no presente trabalho, no qual estas variáveis não compuseram a maioria dos modelos.

As estimativas dos conteúdos dos aminoácidos lisina, metionina, metionina + cistina, treonina, arginina, soma dos essenciais e não-essenciais totais e digestíveis dos alimentos estudados, preditas por meio das equações elaboradas, juntamente com os valores determinados no ensaio biológico e as médias da soma do quadrado dos desvios estão apresentadas nos Quadros 9 e 10, respectivamente. Devido aos elevados valores de R² obtidos no ajuste das equações com a PB, bem como sua alta correlação com os aminoácidos,

foram consideradas nas estimativas as equações compostas apenas variável PB.

Nota-se que os valores estimados foram bem semelhantes àqueles observados no ensaio *in vivo*, tanto para os aminoácidos totais quanto os digestíveis, o que pode ser comprovado pelas médias da soma do quadrado dos desvios, em que a soma dos essenciais, seguida dos não-essenciais, apresentou médias superiores aos demais aminoácidos.

Estas observações sugerem que as equações elaboradas podem ser seguras para estimar o conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis deste grupo de alimentos, sendo de grande utilidade nas formulações de ração para aves. Entretanto, tornam-se necessários novos trabalhos testando a aplicabilidade das equações em outras amostras destes alimentos e, possivelmente, fazendo determinações *in vivo* para comprovar a confiabilidade das estimativas.

Quadro 9 - Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina, arginina e soma dos aminoácidos essenciais e dos não-essenciais totais da soja e subprodutos, por meio das equações de predição, em função da composição química dos alimentos (expressos com base na matéria seca)¹

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Essenciais ²		Não-essenciais ³	
	Obs. ⁴	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo de soja 1	3,04	3,01	0,68	0,68	1,38	1,35	1,98	1,96	3,54	3,57	21,45	21,40	21,68	21,68
Farelo de soja 2	2,98	2,95	0,68	0,67	1,34	1,32	1,95	1,93	3,46	3,50	20,83	21,05	21,93	21,33
Farelo de soja 3	2,96	3,02	0,67	0,68	1,33	1,35	1,90	1,96	3,56	3,59	21,01	21,48	21,36	21,76
Farelo de soja 4	3,17	3,18	0,69	0,71	1,35	1,41	2,01	2,05	3,82	3,77	22,66	22,43	22,53	22,73
Farelo de soja texturizado	3,24	3,22	0,73	0,72	1,46	1,43	2,11	2,07	3,85	3,83	22,93	22,71	23,12	23,01
Soja integral “Jet Sploder”	2,38	2,44	0,55	0,56	1,12	1,13	1,65	1,66	2,79	2,89	17,58	17,93	18,15	18,16
Soja integral tostada	2,48	2,45	0,58	0,57	1,15	1,13	1,70	1,66	2,97	2,90	18,33	17,98	18,20	18,21
Soja micronizada	2,47	2,45	0,56	0,57	1,12	1,14	1,64	1,67	2,97	2,91	18,20	18,03	18,18	18,26
Médias	2,84	2,84	0,64	0,64	1,28	1,28	1,87	1,87	3,37	3,37	20,37	20,37	20,64	20,64
Médias ⁴	0,00130		0,00017		0,00086		0,00138		0,00299		0,08070		0,07289	

¹ Lisina = $-0,32161 + 0,0731PB$ ($R^2 = 0,99$); Metionina = $0,02263 + 0,01323PB$; Metionina + cistina = $0,07894 + 0,02563PB$ ($R^2 = 0,94$); Treonina = $0,20930 + 0,03533PB$ ($R^2 = 0,95$); Arginina = $-0,39589 + 0,08022PB$ ($R^2 = 0,98$); Essenciais = $1,12170 + 0,41008PB$ ($R^2 = 0,98$); Não-essenciais = $1,08128 + 0,41666PB$ ($R^2 = 0,98$).

² Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

³ Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

⁴ Médias da soma do quadrado dos desvios.

Quadro 10 - Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET+CIS), treonina, arginina e soma dos aminoácidos essenciais e dos não-essenciais digestíveis da soja e subprodutos, por meio das equações de predição, em função da composição química dos alimentos (expressos com base na matéria seca)¹

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Essenciais ²		Não-essenciais ³	
	Obs ⁴ .	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo de soja 1	2,85	2,83	0,64	0,64	1,22	1,19	1,77	1,76	3,43	3,48	19,92	19,97	20,19	20,15
Farelo de soja 2	2,77	2,78	0,64	0,63	1,17	1,17	1,76	1,73	3,35	3,41	19,35	19,66	20,20	19,82
Farelo de soja 3	2,78	2,84	0,64	0,64	1,19	1,19	1,71	1,76	3,47	3,49	19,71	20,04	19,92	20,23
Farelo de soja 4	2,98	2,99	0,65	0,67	1,19	1,24	1,84	1,84	3,72	3,67	21,18	20,91	20,92	21,13
Farelo de soja texturizado	3,08	3,03	0,68	0,68	1,28	1,26	1,88	1,86	3,77	3,72	21,39	21,16	21,55	21,39
Soja integral “Jet Sploder”	2,22	2,29	0,51	0,53	0,95	1,00	1,44	1,48	2,69	2,83	16,16	16,82	16,60	16,86
Soja integral tostada	2,35	2,30	0,56	0,53	1,04	1,00	1,54	1,49	2,92	2,84	17,41	16,86	17,11	16,91
Soja micronizada	2,35	2,31	0,52	0,54	1,01	1,00	1,49	1,49	2,93	2,94	17,22	17,91	16,97	16,95
Médias	2,67	2,67	0,61	0,61	1,13	1,13	1,68	1,68	3,29	3,28	19,04	19,04	19,18	19,18
Médias ⁵	0,00208		0,00025		0,00107		0,00110		0,00546		0,14615		0,05144	

¹ Lisina = $-0,29472 + 0,06319PB$ ($R^2 = 0,98$); Metionina = $0,02884 + 0,01228PB$ ($R^2 = 0,93$); Metionina + cistina = $0,08974 + 0,02220PB$ ($R^2 = 0,91$); Treonina = $0,15813 + 0,03235PB$ ($R^2 = 0,95$); Arginina = $-0,32129 + 0,07681PB$ ($R^2 = 0,96$); Essenciais = $1,54240 + 0,37271PB$ ($R^2 = 0,95$); Não-essenciais = $0,92008 + 0,38894PB$ ($R^2 = 0,99$).

² Lisina, metionina, treonina, arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina.

³ Cistina, alanina, ácido aspártico, ácido glutâmico, serina e tirosina.

⁴ Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos por intermédio dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* com galos adultos cecectomizados.

⁵ Médias da soma do quadrado dos desvios.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Foi conduzido um ensaio biológico com galos Leghorne adultos cecectomizados, no Laboratório Animal do DZO/UFV, com o objetivo de determinar a digestibilidade dos aminoácidos e o conteúdo em aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos, utilizando-se o método da alimentação forçada. Cada um dos alimentos foi fornecido a seis galos, sendo 15 g no período da manhã e 15 g à tarde, e a unidade experimental foi constituída de dois galos. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum para determinação das perdas endógenas. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia, para evitar fermentações, acondicionadas em vidros e congeladas em freezer até o final do experimento, quando foram quantificadas e preparadas para as análises laboratoriais (matéria seca, nitrogênio e aminoácidos). Após obtidos os coeficientes de digestibilidade e calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis de cada alimento, ajustaram-se equações para prever a composição dos alimentos em alguns aminoácidos, totais e digestíveis, em função da composição em proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). Os resultados do presente ensaio permitiram concluir que os coeficientes médios de digestibilidade dos aminoácidos (essenciais e não-essenciais, respectivamente) dos farelos de soja 1, 2, 3, 4 e texturizado, sojas integral “Jet Sploder”, integral tostada e micronizada foram 92,78 e 90,76; 92,66 e 89,70; 93,75 e 91,26; 93,32 e 90,12; 91,55 e 89,08; 94,80 e 92,34; 94,61 e 91,47; e 93,20 e 90,47%. As equações

de predição foram ajustadas com altos valores de R^2 , explicando mais de 94% da variação dos aminoácidos totais e 91% dos digestíveis nos alimentos estudados, nos quais a proteína mostrou alta correlação positiva, fazendo boas estimativas do conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos do grupo da soja. Para prever os aminoácidos digestíveis da soja e subprodutos, podem ser utilizadas as seguintes equações: Lisina = $0,29472 + 0,06319PB$; Metionina + cistina = $0,08974 + 0,0222PB$; Treonina = $0,15813 + 0,03235PB$ e Arginina = $-0,32129 + 0,07681PB$.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Com o objetivo de determinar o valor nutricional de rações e alguns alimentos (digestibilidade de nutrientes e valores energéticos), vários experimentos foram conduzidos. Em dois experimentos, foram determinados os valores energéticos e as digestibilidades de nutrientes (ileal e excretas) e avaliado o desempenho de frangos de corte recebendo rações formuladas com diferentes milhos, suplementadas ou não com um complexo enzimático. Em cada experimento, 480 pintos Hubbard machos foram criados dos 14 aos 27 dias de idade, período no qual foi avaliado o desempenho. Utilizou-se um esquema fatorial 6 x 2, sendo seis variedades de milho (experimento 1) e milhos provenientes de seis regiões distintas (experimento 2), suplementados ou não com enzimas, em quatro repetições de 10 aves cada. Os milhos foram misturados em uma ração basal, na proporção de 63,24%, constituindo as dietas experimentais, e o óxido crômico, adicionado como indicador. As excretas foram coletadas do 23^o ao 27^o dia. No 28^o dia, todas as aves foram abatidas e o conteúdo de digesta de cada repetição, presente nos 30 cm do íleo terminal, anterior à junção íleo-cecal, coletado. Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e os valores energéticos foram determinados por meio do fator de indigestibilidade do óxido crômico. Em outros ensaios, foram determinadas as energias metabolizável (aparente e verdadeira) de 19 alimentos (entre amostras de milhos, 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 predizer os valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, em função da composição dos alimentos de cada grupo. Num primeiro ensaio, foram utilizados 540 e, no outro, 420 pintos Hubbard machos, com quatro repetições de 10 aves cada, exceto a ração referência, a qual foi fornecida a seis repetições. Um grupo de quatro repetições de 10 aves foi mantido em jejum para medir as perdas endógenas e metabólicas. Em outros dois ensaios, 30 g de cada um dos 19 alimentos foram fornecidos a seis galos, sendo a unidade experimental composta por dois galos. Simultaneamente, seis galos foram mantidos em jejum, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Para determinar os coeficientes de digestibilidade e o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos testados, outros dois ensaios foram conduzidos com galos adultos cecectomizados, utilizando-se o método de alimentação forçada. Após obtidos os coeficientes de digestibilidade e calculados o conteúdo de aminoácidos digestíveis de cada alimento, ajustaram-se equações para predizer a composição em alguns aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos, em função da composição em proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e matéria mineral. Pelos resultados obtidos, concluiu-se que:

- a) as dietas com as diferentes variedades de milho influenciaram o desempenho das aves;
- b) a digestibilidade dos nutrientes e os valores energéticos das dietas diferiram em função da composição dos milhos,
- c) a adição de enzimas na dieta melhorou a digestibilidade ileal da proteína bruta e do amido e a energia digestível ileal das dietas formuladas com diferentes milhos;
- d) os valores energéticos das amostras de milho 1, 2, QPM e pré-cozido, farelo de glúten 60 e 21, gérmen de milho, gérmen de milho fino, gérmen de milho desengordurado e milhetos 1 e 2 foram 3.699 e 4.015; 3.529 e 3.701; 3.647 e 3.903; 3.728 e 3.856; 4.108 e 4.248; 1.937 e 2.246; 3.272 e 3.782; 3.588 e 3.962; 2.448 e 2.729; 3.248 e 3.719; e 3.347 e 3.804 kcal/kg de MS,

respectivamente, para as EMAn determinadas com pintos e EMVn com galos adultos;

- e) os valores energéticos das amostras de farelo de soja 1, 2, 3, 4 e texturizado, sojas integral “Jet Sploder”, integral tostada e micronizada foram 2.337 e 2.733; 2.376 e 2.818; 2.469 e 2.766; 2.437 e 2.881; 2.833 e 2.810; 3.224 e 3.775; 3.400 e 4.001; e 4.104 e 4.441 kcal/kg de MS, respectivamente, para as EMAn determinadas com pintos e as EMVn com galos;
- f) 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;
- g) para estimar os valores energéticos do milho e de seus subprodutos podem ser utilizadas as seguintes equações: $EMAn = 4281,6 - 39,97FDN - 72,90MM$ ($R^2 = 0,96$) ou $4354,8 - 112,05FB - 151,74MM$ ($R^2 = 0,95$) e $EMVn = 4485,1 - 34,20FDN - 83,83MM$ ($R^2 = 0,94$) ou $4250,22 - 136,60FB - 120,48MM$ ($R^2 = 0,91$);
- h) para estimar os valores energéticos da soja e seus subprodutos, podem ser utilizadas as seguintes equações: $EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE$ ($R^2 = 0,93$) e $EMVn = 2857,3 - 38,29FB + 61,02EE$ ($R^2 = 0,98$); e
- i) as equações de predição contendo a variável PB fizeram boas estimativas do conteúdo dos aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos, podendo-se utilizar, para estimar o conteúdo em aminoácidos digestíveis do milho e subprodutos, as equações: Lisina = $0,23518 + 0,01067PB$; Metionina + cistina = $0,04767 + 0,03143PB$; Treonina = $-0,01738 + 0,03156PB$ e Arginina = $0,28013 + 0,02318PB$ e para a soja e seus subprodutos as equações: Lisina = $0,29472 + 0,06319PB$; Metionina + cistina = $0,08974 + 0,0222PB$; Treonina = $0,15813 + 0,03235PB$; e Arginina = $-0,32129 + 0,07681PB$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O., ROGLER, J.C. Pearl millet in diets of white Peking ducks. **Poultry Science**, Champaign, v.73, n.2, 1994, p.425-435.
- ALBINO, L.F.T. Metodologia da determinação da disponibilidade de energia em alimentos para aves e suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES. Campinas, 1995. **Anais...** Campinas: CBNA, 1995, p. 73-81.
- ALBINO, L.F.T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1991. 141p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1991.
- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. Viçosa, 1996. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996a, p. 303-318.
- 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, 1992a, p.1047-1058.
- ALBINO, L.T.F., 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, 1992b, p.1037-1046.
- ALBINO, L.T.F., ROSTAGNO, H.S., SANT'ANNA, R., FONSECA, J.B. Determinação dos valores de aminoácidos metabolizáveis e proteína

digestível de alimentos para aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, n.6, 1992c, p.1059-1068.

ALBINO, L.T.F., ROSTAGNO, H.S., SANT'ANNA, R., TAFURI, M.L., SILVA, M.A. Uso de aminoácidos disponíveis e proteína digestível na formulação de rações para pintos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, n.6, 1992d, p.1069-1076.

ALBINO, L.F.T., FIALHO, E.T., BRUM, P.A.R., PAIVA, G.J., HARA, C. Determinação dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, Lavras, MG, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992e, p.330.

ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. Tópicos avançados em exigências nutricionais para frangos de corte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6, CONGRESSO NACIONAL e CONGRESSO ESTADUAL, 14, Porto Alegre, RS, 1996. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS - Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, 1996b, p.59-64.

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, 1987, p.13011-1306.

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, 1989, p.1433-137.

ALMIRALL, M., FRANCESCH, M., PEREZ-VENTRELL, A.M. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than cocks. **The Journal of Nutrition**, v.125, n.4, 1995, p.947-955.

AMARAL, A. A soja na alimentação animal. **Avicultura Industrial**, Porto Feliz, v.90, n.1072, 1999, p.4.

AMERLIN, M.J.A., VIEIRA-BRESSAN, M.C.R., BENATTI, A.B., SAIKI, M., VASCONCELOS, M.B.A. Multielement determination in cattle hair infested

with boophilus microplus by instrumental neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, Louisianne, v.236, n.1-2, 1998, p.77-79.

ANGKANAPORN, K., RAVINDRAN, V., BRYDEN, W.L. Influence of caeectomy and dietary protein concentration on apparent excreta amino acid digestibility in adult cockerels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.38, n.3, 1997, p.270-276.

ARABA, M., DALE, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing soybean meal. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.1, 1990a, p.76-83.

ARABA, M., DALE, N.M. Evauation of protein solubility as an indicator of underprocessing of soybean meal. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.10, 1990b, p.1749-1752.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS - ANFAL. Perfil 2000: Indústria brasileira de alimentação animal. Encarte de: **Alimentação Animal**, São Paulo, v.5, n.17, 2000.

AVES E OVOS. Associação Paulista de Avicultura. São Paulo, SP, n.4, ano XV, 1999.

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

BAIDOO, S.K., SHIRES, A., ROBBLEE, A.R. Effect of Kernel density on the apparent and true mrtabolizable energy value of corn for chickens. **Poultry Science**, Champaign, v.32, n.10, 1991, p.2102-2107.

BALLOUN, S.L., JOHNSON, E.L., ARNOLD, L.K. Laboratory estimation of the nutritive value of soybean oil meals. **Poultry Science**, Champaign, v.32, n.3, 1953, p.517-527.

BATH, D., DUNBAR, J., KING, J., BERRY, S., OLBRICH, S. Byproducts and unusual feedstuffs. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.71, n.31, 1999.

BATTERHAM, E.S. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.5, n.1, 1992, p.1-18.

- BEDFORD, M.R. Mechanisms of action and potential nutritional benefits from feed enzymes. In: FEED ENZYMES - REALIZING THEIR POTENTIAL IN CORN/SOYA BASED POULTRY DIETS, 1998. Atlanta, GA. **Proceedings...** Atlanta, p.12-26, 1998.
- BEDFORD, M.R., MORGAN, A.J. The use of enzymes in poultry diets. **World's Poultry Science Journal**, London, v.52, n.1, 1996, p.61-68.
- BEDFORD, M.R., SCOTT, T.A., SILVERSIDES, F.G., CLASSEN, H.L., SWIFT, M.L., PACK, M. The effect of wheat cultivar, growing environment, and enzyme supplementation on digestibility of aminoacids by broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.78, n.3, 1998, p.335-342.
- BELLAVER, C. Metodologias para determinação do valor das proteínas e utilização de valores disponíveis nas dietas de não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE NÃO-RUMINANTES - REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá, 1994. **Anais...** Maringá: SBZ, p. 1-23, 1994.
- BELLAVER, C., PARSONS, C., EASTER, R.A. Estimativas da digestibilidade verdadeira de ingredientes de alimentos, obtida com galos cecotomizados em alimentação forçada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.5, 1998, p.731-736.
- BERTECHINI, A.G., FASSANI, E.J., FIALHO, E.T. Utilização do milho QPM (quality protein maize) para aves. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.23, n.2, 1999, p.434-440.
- BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da EV da UFMG**, Belo Horizonte, n.20, 1997, p.5-30.
- 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, Botucatu, SP, 1999. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999a, p.386-388.
- BORGES, F.M.O., ROSTAGNO, H.S., RODRIGUEZ, N.M., SANTOS, W.M., LARA, L.B., ARAÚJO, V.L. Metodologia de alimentação forçada em aves. 1- Efeito dos níveis de consumo de alimento na avaliação da energia metabolizável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 35, Botucatu, SP, 1999. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999b, p.389-391.

BOURDON, D., FERVIER, C., PEREZ, J.M., LECLERCQ, B., LESSIRE, M., SAUVER, B. Tabelas de composição das matérias prima In: INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. **Alimentação dos animais monogástricos**; suínos, coelhos e aves. Tradução de Paulo Marcos Agria de Oliveira. 2.ed. São Paulo: Roca, 1999. Cap.18, p.157-238. Tradução de L'alimentation des animaux monogastriques.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA e ABASTECIMENTO - MAARA; SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL - SINDIRAÇÕES; ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE RAÇÕES - ANFAR; COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL - CBNA. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal** - São Paulo: ANFAR. 1998. p.irr. Matérias primas; padronização de matéria prima para alimentação animal, 1998, p.1-51.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA - MAARA; SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO RURAL - SDR; DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA E PRODUÇÃO ANIMAL - DTPA. **Normas e Padrões de Nutrição e Alimentação Animal**. 1996, 145p.

CAFÉ, M.B., STRINGHINI, J.H., MOGYCA, N.S., FRANÇA, A.F.S. Avaliação nutricional do milheto (*Penisetum americanum*) para alimentação de aves. In: CONFERENCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Porto Alegre, RS, 1996. **Anais...** Curitiba: FACTA, 1996, p.40.

CAMPOS, J. **Tabelas para cálculos de rações**. Viçosa: Imp. Univ., 1974, 52p.

CANTOR, A. Enzimas: usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: RONDA LATINOAMERICANA DE BIOTECNOLOGIA. Curitiba, PR. **Anais...** Alltech, 1995. p.31-42.

CLEOPHAS, G.M.L., Van HARTINGSVELDT, W., SOMERS, W.A.C., Van der LUGT, J.P. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poultry**, Doetinchen, v.52, n.4, 1995, p.12-15,

COLLINS, V.P., CANTOR, A.H., PESCATORE, A.J., STRAW, M.L., FORD, M.J. Pearl millet in layer diets enhances egg yolk n-3 fatty acids. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.2, 1997, p.326-30.

- COON, C.N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: TECHNICAL SYMPOSIA, Aruba, 1991. **Proceedings...** Aruba: NOVUS INTERNATIONAL, 1991, p. 11-40.
- COSTA, P.T. Granulometria de microcomponentes para rações de suínos e aves. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, Concórdia, SC, 1998. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998, p.48-56.
- DALE, N. Formulando com soya sobreprocessada. **Indústria avícola**. Mount Morris, v. 44, n.3, 1997.
- DALE, N. Ingredient analysis table: 1999 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.71, n.31, 1999, p.24-31.
- 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, 1980, p.1941-1942.
- DALE, N., FULLER, H.L. Applicability of the metabolizable energy system in practical feed formulation. **Poultry Science**, Champaign, v.61, n.2, 1982, p.351-356.
- 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, 1984, p.1008-1012.
- DALE, N., PESTI, G.M., ROGERS, S.R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, Champaign, v.69, n.1, 1990, p.72-75.
- DEGUSSA, A.G. **Digestible amino acids in feedstuffs for poultry**. Frankfurt, 1993. 18p.
- 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, 1992, p.316-322.
- DOUGLAS, M.W., PARSONS, C.M. Dietary formulation with rendered spent hen meals on a total versus a digestible aminoacid basis. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.5, 1999, p.556-560.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - CNPSA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 2.ed. Concórdia: CNPSA, 1985, 28p. (Documentos).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA - CNPSA. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3.ed. Concórdia: CNPSA, 1991, 97p. (Documentos, n.19).
- ETRL, D., DALE, N. The metabolizable energy of waxy vs. Normal corn for poultry. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v.6, n.4, 1997, p.432-435.
- FANCHER, B.I., JENSEN, L.S., SMITH, R.L., HANNA, W.W. Metabolizable energy content of pearl millet [*Pennisetum americanum*, (L.) Leeke]. **Poultry Science**, Champaign, v.66, n.10, 1987, p.1693-1696.
- FARREL, D.J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockrels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.19, n.3, 1978, p.303-308.
- FERNANDEZ, S.R., YE ZANG, PARSONS, C.M. Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acids versus digestible amino acids basis. **Poultry Science**, Champaign, v.74, n.7, 1994, p.1168-1179.
- FERNANDEZ, S.R., AOYAGE, S., HAN, Y., PARSONS, C.M., BAKER, D.H. Limiting order of aminoacids in corn and soybean meal for growth of the chick. **Poultry Science**, Champaign, v.73, n.11, 1995, p.1887-1896.
- FIALHO, E.T., BARBOSA, H.P., ALBINO, L.F.T. Chemical composition, digestible protein and energy values of some alternative feedstuffs for pigs in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.55, n.3-4, 1995, p.239-245.
- FIALHO, E.T., BARBOSA, H.P. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 1997. 196p.
- FISCHER JR., A.A. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. Viçosa, UFV, 1997. 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 1997.

- 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.27, n.2, 1998a, p.314-318.
- FISCHER JR., A.A., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., GOMES, P.C. Determinação dos coeficientes de digestibilidade e dos valores de aminoácidos digestíveis de diferentes alimentos para aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.2, 1998b, p.307-313.
- FREITAS, E.R., FUENTES, M.F.F., ESPÍNDOLA, G.B. Suplementação enzimática das dietas à base de milho/farelo de soja para poedeiras comerciais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu: **Anais...** v.4, 1998, p.318-320.
- GHAZI, S.J., ROOKE, H., GALBRAITH, H. MORGAN, A. Effect on nitrogen digestibility in growing chicks and broilers of treating soyabean meal with different proteolytic enzymes. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.38, suppl., 1997, p.53-54.
- GUILLAUME, J., SUMMERS, J.D. Maintenance energy requirements of the rooster and influence of plane of nutrition on metabolizable energy. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.50, 1970, p.363-369.
- 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, 1976, p.1335-1342.
- HARTEL, H. Influence of food input and procedure of determination on metabolizable energy and digestibility of a diet measured with young and adult birds. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.27, n.1, 1986, p.11-39.
- HERKELMAN, K.L., CROMWELL, G.L. Utilization of full-fat soybeans by swine reviewed. **Feedstuffs**, Minneapolis, v.62, n.17, 1990, p.15-22.
- HILL, S.J., ANDERSON, D.L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.64, n.4, 1958, p.587-603.
- HUYGHEBAERT, G., DE MUNTER, G., DE GROOTE, G. The metabolisable energy (AMEn) of fats for broilers in relation to their chemical composition.

Animal Feed Science and Technology, Amsterdam, v.20, n.1, 1988, p.45-58.

INSTITUT NATIONAL DE LA RESEARCH AGRONOMIQUE - INRA.
L'alimentacion de animaux monogastriques. Paris, 1984, 279p.

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

JACKSON, D.A., DALIBARD, P. The measurement of the thecnique of using digestible amino acids for diet formulation in poultry and swine. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES. Campinas, 1995. **Anais...** Campinas: CBNA, 1995, p.47-72.

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

JENSEN, L. Historical perspective of enzymes from na earlier researcher. In: FEED ENZYMES - REALIZING THEIR POTENTIAL IN CORN/SOY BASED POULTRY DIETS, Atlanta, 1998. **Proceedings...** . Atlanta, 1998, p.35-45.

JOHNSON, R.J. Principles, problems and application of amino acid digestibility in poutry. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v.48, n.3, 1992, p.232-246.

JOHNSTON, J., COON, C.N. The use of varying levels of pepsin for pepsin digetion studies with animal proteins. **Poultry Science**, Champaign, v.58, n.5, 1979, p.1271-1273.

JORGE NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura e Suinocultura Industrial**, Porto Feliz, n.988, ano 82, 1992, p.4-15,

KADIM, I.T., MOUGHAN, P.J. Development of na ileal amino acid digestibility assay for the growing chicken - effects of time after feeding and site of sampling. **British Poultry Science**, Cambridge, v.38, n.1, p.89-95, March, 1997.

- LAWRENCE, B.V., ADEOLA, O., ROGLER, J.C. Nutrient digestibility and growth performance of pigs fed pearl millet as a replacement for corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, n.7, 1995, p.2026-32.
- LECLERCQ, B., HENRY, Y., PEREZ, J.M. Valor energético dos alimentos destinados aos animais monogástricos In: INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. **Alimentação dos animais monogástricos**, suínos, coelhos e aves. Tradução de Paulo Marcos Agria de Oliveira. 2^a ed. São Paulo: Roca, 1999. Cap.2, p.9-15. Tradução de L'alimentation des animaux monogastriques.
- LESSON, S., SUMMERS, J.D. **Commercial poultry nutrition**. 2.ed. University Books, Guelph, Ontário: University Books, 1997, 350p.
- LESSON, S., YERSIN, A., VOLKER, L. Nutritive value of the 1992 corn crop. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v.2, 1993, p.208-213.
- LIMA, I.L., SILVA, D.J., ROSTAGNO, H.S., TAFURY, 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, 1989, p.546-556.
- LOBLEY, G.E. Nutritional and hormonal control of muscle and peripheral tissue metabolism in farm species. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.56, n.2, 1998, p.91-114.
- MARSMAN, G.J.P., GRUPPEN, H., VAN DER POEL, A.F. B., KWAKKEL, R.P., VERSTEGEN, M.W.A., VORAGEN, A.G.J. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.6, 1997, p.864-872.

- MARTINS, I.B. **Efeito do tratamento térmico sobre a qualidade nutricional do grão de soja no desempenho e na composição de carcaça de frangos de corte.** Porto Alegre, RS: UFRGS, 1995. 170p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens.** Storrs, Connecticut, The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p (Research Report, 7).
- McNAB, J.M. Amino acid digestibility and availability studies with poultry. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition.** CAB International, 1994. p.418.
- MOREIRA, I. **Valor nutritivo e utilização de milho e soja integral processados a calor na alimentação de leitões.** Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1993. 145p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1993.
- 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, 1981, p.835-839.
- 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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia.** Viçosa, v.27, n.3, 1998, p.579-583.
- NASCIMENTO, A.H. Uso de enzimas em rações para frangos de corte. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa: UFV. **Anais...** Viçosa, 1998, p.267-278.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine.** 3.ed. 1998. 189p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry.** 9.ed. Washington: National Academy Press, 1994. 155p.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.153, 1944, p.375-380.

- NOY, Y., SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chick. **Poultry Science**, Champaign, v.74, n.2, 1995, p.366-373.
- NUNES, R.V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis da grão de trigo e seus subprodutos para aves**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1999. 71p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- PACK, M., BEDFORD, M., WYATT, C. Enzimas para dietas basadas en maiz-soja. **Indústria Avícola**, Mount Morris, v.45, n.6, 1998, p.32-35.
- PAPADOPOLUS, C. Estimation of amino acid digestibility and availability in feedstuffs for poultry. **World's Poultry Science Journal**, Madison, v.41, n.1, 1985, p.64-71.
- PARSONS, C.M. Broiler feed formulation on a digestible amino acid basis. In: SYMPOSIUM PRE-CONGRESS - LATIN AMERICAN POULTRY CONGRESS, 12. Quito, 1991. **Anais...** Quito, 1991, p.1-8.
- PARSONS, C.M. Determination of digestible and available amino acids in meat meal using conventional and caecectomized cockerels or chick growth assays. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.56, n.1, 1986, p.227-240.
- PARSONS, C.M. Digestible amino acids for poultry and swine. **Animal Feed Science and Tecnology**, Amsterdam, v.59, n.1-3, 1996, p.147-153.
- PARSONS, C. M. Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' dried grains with solubles. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.104, n.3, 1985, p.469-472.
- PARSONS, C.M., POTTER, L. M., BLISS. B.A. True metabolizable energy corrected to nitrogen equilibrium. **Poultry Science**, Champaign, v.61, n.11, 1982, p.2241-2246.
- PARSONS, C.M. Influence of caecectomy and source of dietary fibre or starch on excretion of endogenous amino acids by laying hens. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.51, n.3, 1984, p.541-548.
- PARTRIDGE, G., WYATT, C. More flexibility with new generation of enzymes. **World Poultry**, Doetinchen, v.52, n.4, 1995, p.17-21.

- PENZ JR., A.M, MAGRO, N. Granulometria de rações: aspectos fisiológicos. In: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, Concórdia, SC, 1998. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 1998, p.1-12.
- PENZ JR., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, Botucatu, 1998. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998, p.165-178.
- 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, 1986, p.2258- 2267.
- PLUSKE, J.R., LINDERMANN, M.D. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable proteins by enzyme supplementation. In: ANNUAL SYMPOSIUM OF ALLTECH'S, 14 - PASSPORT FOR THE YEAR 2000. **Proceedings...** 1998, p.375-392.
- PUGH, R. The scope for enzymes in commercial feed formulations. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY. ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 11, Nottingham, 1995. **Proceedings...** Nottingham, 1995, p.369-372.
- PUPA, J.M.R. **Rações para frangos de corte formuladas com valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros, determinados com galos cecectomizados.** Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1995. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- RAGLAND, D., KING, D., ADEOLA, O. Determination of metabolizable energy contents of feed ingredients for ducks. **Poultry Science**, Champaign, v.76, n.9, 1997, p.1287-1291.
- RHÔNE POULENC ANIMAL NUTRITION ANIMAL NUTRITION. **Rhodimet™ Nutrition Guide.** 2ed. 1993. 55p.

- RODRIGUES, M.P., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., LOPES, P.S., NASCIMENTO, A.H., MAGALHÃES, K.G.N. Determinação do valor energético do milho e sua utilização em rações de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36. Porto Alegre, RS 1999a. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999a, p.181.
- RODRIGUES, M.P., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., LOPES, P.S., NASCIMENTO, A.H., MAGALHÃES, K.G.N. Determinação do valor energético do milho e sua utilização em rações de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Porto Alegre, RS, 1999b. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999b, p.181.
- ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, Piracicaba, 1990. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990, p.11-30.
- ROSTAGNO, H. S., FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinar disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 6, n. 1, 1977, p. 64-76.
- ROSTAGNO, H. S., PUPA, J. M. R., PACK, M. Diet Formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 4, 1995, p. 293-299.
- 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, Imp. Univ., 1983, 59p.
- 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, Imp. Univ., 1992, 59p.
- ROSTAGNO, H.S., NASCIMENTO, A.H., ALBINO, L.F.T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, Campinas, SP, 1999. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999, p.65-83.
- 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. **Estudo do valor nutricional das sojas integrais processadas e de sua utilização na alimentação de frangos e poedeiras.** Jaboticabal, SP, FCAV - UNESP, 1996. 178p. Tese (Livre Docência em Avicultura) - Universidade Estadual de São Paulo, 1996.

SCHEUERMANN, G.N., BELLAVER, C. Estado da arte e a perspectiva para pesquisa futura em nutrição de aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32. Brasília, 1995. **Anais...** Brasília: SBZ, 1995, p. 465-473.

SCHUTTE, J.B. **Nutritional value and physiological effects of D-xilose and L-arabinose in poultry and pigs.** Thesis, Wageningen, the Netherlands. 1991. 173p.

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

SCOTT, T.A., SILVERSIDES, F.G., CLASSEN, H.L., SWIFT, M.L., BEDFORD, M.R. Effect of cultivar and environment on the feeding value of Western Canadian wheat and barley samples with and without enzyme supplementation. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.78, n.4, 1998, p.649-656.

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, 1980, p.396-403.

SIBBALD, I.R. The effect of level of feed intake on metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v.54, n.6, 1975, p.1990-1997.

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

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, 1976b, p.1459-1463.

- 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, 1978, p.1008-1012.
- SIBBALD, I.R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v.58, n.3, 1979, p.668-673.
- SIBBALD, I.R., PRICE, K., BARRETTE, J.P. True metabolizable energy values for poultry of commercial diets measured by bioassay and predicted from chemical data. **Poultry Science**, Champaign, v.59, n.4, 1980, p.808-811.
- 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, 1981, p.805-811.
- SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Guelph, v.62, n.4, 1982, p.983-1048.
- SIBBALD, I.R. **The T.M.E. system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography**. Ottawa: Research Branch Agriculture, 1986. 114p. (Technical Bulletin, 1986-4E).
- SIBBALD, I.R., SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v.42, n.1, 1963, p.13-25.
- SIGMA CHEMICAL COMPANY. **Starch assay kit**, St Louis, 1995. 4p. (Sigma Technical Bulletin, SAB - 1).
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1990, 165p.
- SILVA, J.M.F. **Composição química e energia metabolizável de ingredientes usados na alimentação de poedeiras e sua utilização em rações de mínimo custo**. Viçosa: UFV, Imp. Univ. 1978. 53p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1978.

- SMITH, R.L., JENSEN, L.S., HOVELAND, C.S., HANNA, W.W. Use of pearl millet, sorghum, and triticale grain in broiler diets. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.2, n.1, 1989, p.78-82.
- 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, 1996, p.203-221.
- SOTO-SALANOVA, M.F., GARCIA, O., GRAHAM, H., PACK, M. Uso de enzimas em dietas de milho e soja para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 96 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996, p.71-76.
- TORRES, D.M. **Suplementação de rações para frango de corte com protease, amilase e xilanase**. Lavras: UFLA, 1999. 80p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1999.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas)**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 1992. 59p.
- WOLYNETZ, M.N., SIBBALD, I.R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, Champaign, v.63, n.7, 1984, p.1386-1399.
- WYATT, C.L., BEDFORD, M. O uso de enzimas nutricionais para maximizar a utilização de nutrientes pelo frango de corte em dietas à base de milho: recentes progressos no desenvolvimento e aplicações práticas. In: SEMINÁRIO TÉCNICO, 1998, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, 1998, p.1-12.
- ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte**. Jaboticabal: UNESP, 1998. 179p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de São Paulo, 1998.
- ZANELLA, I., SAKOMURA, N.K., SILVERSIDES, F.G., FQUEIRDO, A., PACK, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, Champaign, v.78, n.4, 1999, p.561-568.

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

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, 1997, p.281-284.

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

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Resumo da análise de variância dos valores energéticos do milho e subprodutos e do milho, determinados com pintos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		EMA	EMAn	EMV	EMVn
Alimento	10	1594287**	1533778**	1622298**	1552925**
Resíduo	33	12720,30	11953,27	13058,03	12212,55
C.V. (%)		3,33	3,29	3,29	3,27

** P<0,05.

Quadro 2A - Resumo da análise de variância dos valores energéticos do milho e subprodutos e do milho, determinados com galos adultos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		EMA	EMAn	EMV	EMVn
Alimento	10	1140241**	1077483**	1130351**	1067208**
Resíduo	22	6418,46	3132,55	7323,00	3132,73
C.V. (%)		2,64	1,67	2,22	1,54

** P<0,05.

Quadro 3A - Resumo da análise de variância dos valores energéticos da soja e subprodutos, determinados com pintos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		EMA	EMAn	EMV	EMVn
Alimento	7	1554241**	1600234**	1614850**	1647261**
Resíduo	24	28751,96	27602,83	29978,08	28534,83
C.V. (%)		5,54	5,73	5,48	5,69

** P<0,05.

Quadro 4A - Resumo da análise de variância dos valores energéticos da soja e subprodutos, determinados com galos adultos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio			
		EMA	EMAn	EMV	EMVn
Alimento	7	1474842**	1415803**	1436264**	1402299**
Resíduo	16	8468,75	5306,50	8470,75	5306,63
C.V. (%)		3,31	2,42	2,57	2,22

** P<0,05.

Quadro 5A - Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais do milho e subprodutos e do milheto

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio										
		LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Alimento	10	138,070**	48,510**	118,203**	100,412**	29,100**	59,869**	50,148**	23,916**	299,889**	59,188**	36,964**
Resíduo	22	3,883	4,730	9,156	10,288	5,408	6,802	8,816	4,599	9,188	9,077	2,992
C.V. (%)		2,20	2,33	3,46	4,01	2,46	2,79	3,35	2,29	3,28	3,47	1,92

** P<0,01.

Quadro 6A - Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não-essenciais do milho e subprodutos e do milheto

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio						
		CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Alimento	10	168,839**	36,044**	83,519**	47,940**	89,626**	42,206**	56,252**
Resíduo	22	10,536	4,591	4,727	1,947	5,347	11,347	2,093
C.V. (%)		3,99	2,37	2,46	1,48	2,66	3,67	1,63

** P<0,01.

Quadro 7A - Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais da soja e subprodutos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio										
		LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Alimento	7	2,7573*	3,8538	6,5068	5,6229	1,5341**	9,7735**	4,9844**	4,1234	3,1971	7,9641*	3,3948*
Resíduo	16	0,8622	2,0065	4,9624	4,5796	0,2939	1,1117	1,3808	2,1313	1,5975	2,9101	1,0364
C.V. (%)		0,99	1,51	2,53	2,39	0,56	1,11	1,27	1,57	1,34	1,990	1,09

** P<0,01; * P<0,05.

Quadro 8A - Resumo da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não-essenciais da soja e subprodutos

Fonte de variação	G.L.	Quadrado médio							
		CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE	
Alimento	7	9,7918	12,1056*	1,8902*	1,6743*	4,2534	2,4443	3,2492	
Resíduo	16	8,6741	3,6940	0,6194	0,6186	2,0275	1,0525	1,3091	
C.V. (%)		3,57	2,24	0,85	0,83	1,54	1,08	1,26	

* P<0,05.

APÊNDICE B

1) Descrição da metodologia empregada na determinação da densidade dos alimentos:

Deixar o alimento cair de uma altura de ± 30 cm em um recipiente de volume e peso conhecidos e, após enchê-lo, nivelar a boca do recipiente POR intermédio de uma régua, pesando-o em seguida. Com este procedimento, por intermédio dos cálculos, obtém-se a densidade aparente do alimento. Em seguida, procede-se à compactação do alimento no recipiente, elevando-o a uma altura de 15 cm da mesa e batendo-o com força intermediária, repetindo este procedimento por 10 vezes. Após este processo, completar o volume do recipiente com o alimento, nivelá-lo e pesar novamente. Assim, obtém-se a densidade compactada do alimento. A densidade verdadeira foi calculada por meio da média das duas densidades determinadas (COSTA, 1998), as quais foram obtidas de três repetições.

Cálculo:

$$\text{Dens (aparente ou verdadeira)} = \frac{\text{peso do recipiente cheio} - \text{peso do recipiente vazio}}{\text{volume do recipiente}}$$