

**ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA  
E AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DE ALGUNS  
ALIMENTOS, DETERMINADOS COM  
GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE  
PREDIÇÃO**

**PAULO ROBERTO OST**

**2004**

**PAULO ROBERTO OST**

**ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA E AMINOÁCIDOS  
DIGESTÍVEIS DE ALGUNS ALIMENTOS, DETERMINADOS COM  
GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

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

**Orientador**  
**Prof. Paulo Borges Rodrigues**

**LAVRAS**  
**MINAS GERAIS – BRASIL**  
**2004**

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

Ost, Paulo Roberto

Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição / Paulo Roberto Ost. – Lavras: UFLA, 2004.

181 p. : il.

Orientador: Paulo Borges Rodrigues.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Nutrição de monogástrico. 2. Composição química. 3. Alimentação forçada. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD - 636.50855

**PAULO ROBERTO OST**

**ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA E AMINOÁCIDOS  
DIGESTÍVEIS DE ALGUNS ALIMENTOS, DETERMINADOS COM  
GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

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

**APROVADA em 26 de fevereiro de 2004.**

Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - DZO/UFLA

Prof. Antônio Gilberto Bertechini - DZO/UFLA

Prof. Elias Tadeu Fialho - DZO/UFLA

Prof. Édison José Fassani - DZO/UNIFENAS

**Prof. Paulo Borges Rodrigues  
UFLA  
(Orientador)**

**LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL**

A *Deus*, princípio e fonte de toda sabedoria,

**OFEREÇO**

Aos meus pais, José Paulo e Mercedes,  
por terem me possibilitado a vida e  
os mais ricos ensinamentos

À minha esposa Juliana Amália, pelo amor  
e dedicação em todas as horas,

À minha filha Camila, motivação  
maior da minha vida.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade da realização do curso.

Ao meu orientador, professor Paulo Borges Rodrigues, pela orientação, conhecimentos transmitidos e, principalmente, pela amizade e exemplo.

Aos professores Antônio Soares Teixeira, Antônio Gilberto Bertechini e Rilke Tadeu Fonseca de Freitas, pelo apoio nas diferentes fases do curso, e aos demais professores do Departamento de Zootecnia.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento do projeto e pela concessão da bolsa de estudos.

A todos os funcionários do Departamento Zootecnia, em especial, aos Srs. Luiz Carlos de Oliveira (Borginho) e Gilberto Fernandes Alves, pela convivência e enormes favores prestados.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal - DZO.

Ao colega e amigo Adriano Kaneo Nagata, pela inestimável amizade e pelo exemplo de persistência e exatidão na execução de todas as tarefas.

Ao colega e amigo Hunaldo de Oliveira Silva e a sua esposa Ana, pela convivência, pelo exemplo, mas principalmente pela inesquecível amizade.

Ao professor Elias Tadeu Fialho pelo exemplo de humanismo e profissionalismo.

Aos meus colegas de Doutorado pelo convívio e amizade.

Aos colegas professores da Universidade do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO), principalmente a Margarete Kimie Falbo, Helcya Mime Ishiy, Marco Aurélio Romano, Sebastião Brasil Campos Lustosa e Mikael Neumann, pela convivência, apoio e incentivo.

À minha esposa Juliana e minha filha Camila, pelo encorajamento e colaboração nos meus projetos e ideais.

## **BIOGRAFIA**

PAULO ROBERTO OST, filho de José Paulo Ost e Mercedes Madalena Krever Ost, nasceu na cidade de Boa Vista do Buricá (RS) em 10 de março de 1973.

Em março de 1992 ingressou na Universidade Federal de Lavras na qual se graduou em Zootecnia no dia 25 de janeiro de 1997.

Iniciou o curso de Pós-graduação pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Pelotas em março de 1997, obtendo o título de Mestre em Ciências, com concentração em Nutrição Animal, em 19 de março de 1999.

Em maio de 1999 iniciou o curso de Doutorado pelo Departamento de Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, obtendo o título de Doutor, com concentração em Nutrição de Monogástricos, em 26 de fevereiro de 2004.

Em 14 de fevereiro de 2003 foi admitido como professor do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade do Centro-Oeste do Paraná – UNICENTRO.



## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>2</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Variações na composição química dos alimentos.....	5
2.2 Valores energéticos dos alimentos.....	7
2.3 Fatores que afetam o valor de energia metabolizável dos alimentos.....	12
2.4 Estimativa dos valores de energia metabolizável por meio de equações de predição.....	18
2.5 Formulação com base em aminoácidos digestíveis .....	24
2.6 Predição do conteúdo de aminoácidos dos alimentos através da sua composição química.....	33
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO II - VALORES ENERGÉTICOS DA SOJA INTEGRAL E FARELOS DE SOJA, DETERMINADOS COM GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO</b> .....	<b>49</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>50</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>52</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>55</b>
2.1 Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada.....	56
2.2 Validação de equações de predição dos valores energéticos em função da composição química dos alimentos.....	58
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>61</b>
3.1 Composição centesimal dos alimentos .....	61

3.2 Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada) .....	63
3.3 Valores energéticos estimados por equações de predição .....	65
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO III - ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA DE ALGUNS ALIMENTOS, DETERMINADOS COM GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>75</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>77</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>79</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>81</b>
2.1 Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada.....	81
2.2 Validação de equações de predição dos valores energéticos em função da composição química dos alimentos.....	83
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>86</b>
3.1 Composição centesimal dos alimentos .....	86
3.2 Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada) .....	89
3.3 Valores energéticos estimados pelas equações de predição.....	93
3.3.1 Sorgo, milho e subprodutos de milho .....	93
3.3.2 Híbridos de milho .....	98
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>103</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>
<b>CAPÍTULO IV - AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DE ALGUNS ALIMENTOS PROTÉICOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO ...</b>	<b>107</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>108</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>110</b>

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>112</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>114</b>
2.1 Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros.....	114
2.2 Validação de equações de predição de aminoácidos em função da composição química dos alimentos.....	116
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>120</b>
3.1 Composição em aminoácidos totais.....	120
3.2 Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros.....	122
3.3 Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos.....	127
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>132</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>133</b>
<b>CAPÍTULO V - VALORES DE AMINOÁCIDOS TOTAIS E DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DO MILHETO, DO SORGO E DO MILHO E SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DESENVOLVIDAS PARA ESSES ALIMENTOS. ....</b>	<b>137</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>138</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>140</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>142</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>145</b>
2.1 Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros.....	145
2.2 Validação de equações de predição de aminoácidos, em função da composição química dos alimentos.....	146
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>150</b>
3.1 Milheto, sorgo e subprodutos de milho.....	150
3.1.1 Conteúdo em aminoácidos totais .....	150
3.1.2 Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros...	154
3.1.3 Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos.....	160

3.2 Híbridos de milho .....	164
3.2.1 Conteúdo em aminoácidos totais .....	164
3.2.2 Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros... ..	166
3.2.3 Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos.....	171
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>176</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>178</b>

## RESUMO

OST, Paulo Roberto. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2004. 181p. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Seis experimentos foram conduzidos no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, Brasil. Os três primeiros trabalhos tiveram o objetivo de determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) e, a partir dos resultados obtidos, validar equações para prever a EMVn em função da composição química. Foi utilizado o método de alimentação forçada e avaliados 21 alimentos (sete protéicos e 14 energéticos), sendo sete em cada experimento. No experimento I foram avaliadas cinco marcas de farelo de soja, uma soja integral tostada e uma micronizada. No experimento II foram avaliados o milho e sorgo (moídos e em grãos), o farelo de glúten 60, o gérmen e a quirera de milho e no experimento III, sete híbridos de milho. Em cada experimento foram utilizados 24 galos Leghorn adultos, sendo que cada galo constituiu uma unidade experimental. Cada alimento foi fornecido a 6 galos (6 repetições), sendo duas repetições no tempo. Simultaneamente foram mantidos 6 galos em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Cada galo foi mantido em jejum 24 horas para esvaziamento do trato digestório e então forçado a ingerir 30 gramas de alimento teste. A partir daí foram realizadas quatro coletas de excretas, de 12 em 12 horas. Ao final deste período, os alimentos e também as excretas foram homogeneizadas para análise de matéria seca, nitrogênio e energia bruta, e foram calculados os valores de energia. Os valores de EMVn foram então contrastados com valores de EMVn estimados a partir de equações de predição descritas na literatura nacional para grupos de alimentos semelhantes aos do presente trabalho. Os valores de EMVn dos farelos de soja variaram de 2531 a 2730 Kcal/kg de MS e os da soja integral tostada e micronizada foram 3732 e 4027 Kcal/kg de MS, respectivamente. O milho e o sorgo (em grãos e moídos) apresentaram EMVn semelhantes: 3764 e 3759; 3714 e 3739 Kcal/kg de MS, respectivamente; já o farelo de glúten, a quirera e o gérmen de milho apresentaram valores de EMVn de 4120, 3521 e 3730 Kcal/kg de MS,

---

<sup>1</sup> **Comitê Orientador:** Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

respectivamente; a EMVn dos híbridos de milho variou de 3722 a 3952 Kcal/kg de MS; Para as sojas integrais e os farelos de soja, a equação que melhor estimou os valores de energia foi  $2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{FDN} + 63,09\text{EE}$ ; para o milheto, sorgo e subprodutos de milho, as equações que melhor estimaram a EMVn foram  $4485,13 - 34,20\text{FDN} - 83,83\text{MM}$  e  $5283,87 - 10,46\text{PB} - 127,51\text{FB} + 27,62\text{EE} - 171,63\text{MM} - 14,07\text{AMIDO}$ ; já para os híbridos de milho, apenas a equação  $4234,28 - 27,58\text{FDN} + 50,18\text{EE} - 107,54\text{MM}$  estimou de forma eficiente os valores de EMVn. Nos experimentos IV, V e VI foram utilizados os mesmos alimentos dos experimentos I, II e III, respectivamente. Nestes trabalhos também foi utilizado o método de alimentação forçada, porém com uma adaptação, utilizando galos adultos cecectomizados e, a partir dos resultados, validou-se equações de predição de aminoácidos propostas na literatura nacional e estrangeira. A metodologia experimental foi a mesma descrita para os três primeiros experimentos, no entanto, as análises efetuadas tanto nos alimentos como nas excretas foram matéria seca, nitrogênio e composição em aminoácidos. Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, determinou-se os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido, e então calculou-se o conteúdo em aminoácidos digestíveis. Para as sojas e os farelos, os valores de aminoácidos totais foram aproximadamente 10% inferiores àqueles apresentados pela literatura e os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais desses alimentos foram 91,3 e 90,6%, respectivamente. Dentre os aminoácidos essenciais dos farelos de soja, a isoleucina foi aquele com menor digestibilidade média (86,4%) e a fenilalanina aquele que teve a maior digestibilidade (86,2%). De uma maneira geral, tanto as equações propostas na literatura nacional, para estimar o conteúdo em aminoácidos, totais e digestíveis, de alimentos do grupo da soja, como aquelas propostas na literatura estrangeira para o farelo de soja, não fizeram boas estimativas, não sendo aplicáveis nestas condições. Para o sorgo, milheto e subprodutos de milho, os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais foram 92,39 e 91,72%, respectivamente; observou-se que o processo de moagem melhorou a digestibilidade média dos aminoácidos do sorgo de 90,5 para 93,2% e do milheto de 93,36 para 94,15%; assim como para o grupo da soja, os aminoácidos essenciais apresentaram maior coeficiente médio de digestibilidade que os não essenciais; para este grupo de alimentos a inclusão de variáveis nas equações além da PB piorou a estimativa dos valores de aminoácidos; também para estes alimentos as equações propostas na literatura nacional não fizeram estimativas confiáveis e precisas dos valores de aminoácidos, com exceção da lisina do farelo de glúten que foi bem estimada pela equação  $0,26488 + 0,01198\text{PB}$ . Para os híbridos de milho, os coeficientes de digestibilidade médios dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais foram 90,65 e 89,80%, respectivamente; de

maneira geral, com exceção da equação para estimar a treonina digestível ( $-0,01738 + 0,03156PB$ ), a qual estimou cinco dos sete híbridos de milho estudados, as equações propostas na literatura nacional, não fizeram boas estimativas do conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos estudados; as equações propostas na literatura estrangeira para o milho, fizeram boas estimativas para lisina, metionina, metionina + cistina e treonina, sendo, portanto adequadas para estimação destes aminoácidos.

## ABSTRACT

OST, Paulo Roberto. **True metabolizable energy and digestible aminoacids of some feeds for birds determined with adult roosters and by prediction equations.** Lavras: UFLA, 2004. 181p. (Thesis – Doctorate). Universidade Federal de Lavras – MG.<sup>1</sup>

Six experiments have been conducted in the poultry farming sector of the Animal Science Department of the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, Brazil. The three first works aimed to determinate the values of apparent metabolizable (AME), corrected apparent (EMAn), true (EMV) and corrected true (EMVn) energy and from the results obtained to validate equations to predict EMVn as related with the chemical composition. The forced feeding method was employed and 21 feeds evaluated (seven protein and 14 energy), its being seven in each experiment. In experiment I, five brands of soybean meal, one toasted whole and one micronized soybean have been evaluated. In experiment II, both millet and sorghum (ground and in grains), gluten 60 meal, corn germen and quirera (crashed corn grains) have been evaluated. In experiment III, seven corn hybrids have been evaluated. In each experiment, 24 adult Leghorn roosters were employed, each rooster being an experimental unit. Each feed was given to six roosters (6 replicates), two replicates being in time. Simultaneously, six fasting roosters were maintained for determination of the endogenous and metabolic losses. Each rooster was kept fasting for 24 hours for emptying the digestive tract and then forced to ingest 30 grams of test feed. For that reason, four collections of excreta every 12 hours were performed. At the end of this period, the feeds and also the excreta were homogenized for analyses of dry matter, nitrogen and gross energy and, the values of energy calculated. The values of EMVn were then contrasted with values of EMVn estimated from prediction equations reported in the national literature for groups of feeds similar to those of the present work. The values of EMVn of soybean meals ranged from 531 to 2730 Kcal/kg of DM and those of toasted and micronized whole soybean were 3732 and 4027 Kcal/kg of DM, respectively. Millet and sorghum (in grains and ground) presented similar EMVn: 3764 and 3759; 3714 and 3739 Kcal/kg of DM, respectively; but gluten meal, quirera and corn germen showed values of EMVn of 4120, 3521 and 3730 Kcal/kg of DM, respectively; the EMVn of the corn hybrids ranged from 3722 to

---

<sup>1</sup> **Guidance Committee:** Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Adviser); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.



3952 Kcal/kg of . For the whole soybeans and soybean meals the equation which best estimated the values of energy was  $2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{NDF} + 63,09\text{EE}$ ; for millet , sorghum and corn by-products the equations which best estimated EMVn were  $4485,13 - 34,20\text{NDF} - 83,83\text{MM} + 5283,87 - 10,46\text{CP} - 127,51\text{CF} + 27,62\text{EE} - 171,63\text{MM} - 14,07\text{STARCH}$ ; however for corn hybrids only equation  $4234,28 - 27,58\text{NDF} + 50,18\text{EE} - 107,54 \text{MM}$  estimated efficiently the values of EMVn. In experiments IV, V and VI the same feeds of experiments I, II and III were utilized, respectively. In these works forced feeding method was utilized as well , but with an adaptation, utilizing cectomized adult roosters and from the results obtained, the prediction equations of aminoacids proposed in the national and foreign literature was validated. The experimental methodology was the same reported for the three first experiments, nevertheless, the analyses performed both in the feeds and in the excreta were dry matter, nitrogen and composition in aminoacids. Since known the amount of aminoacids ingested and excreted,, as well as endogenous fraction determined on the fasting rosters, the true digestibility coefficients of each aminoacid was determined, and then the content in digestible aminoacids was determined. For the soybeans and meals, the values of total aminoacids were about 10% lower than those presented in the literature and the true digestibility coefficients of essential and non-essential aminoacids of those feeds were 91.3 and 90.6%, respectively. Out of the essential aminoacids of the soybean meals, isoleucine was the one with the poorest average digestibility (86.4%) and phenylalanine the one which presented the poorest digestibility (86.2%). In general, both the equations proposed in the national literature, to estimate the aminoacid content, total and digestible, of feeds of the soybean group and those proposed in the foreign literature for soybean meal have not done good estimates, their not being applicable in these conditions. For sorghum, millet and corn by-products, the true digestibility of the essential and non-essential were 92.39 and 91.72%, respectively; it was found that grinding process improved the average digestibility of aminoacids of sorghum from 90.5 to 93.2% and of millet from 93.36 to 94.15%; as well as for the soybean group, essential aminoacids presented average digestibility coefficient higher than non essential; for this group of feeds, the inclusion of variables in the equations in addition to CP has worsened the estimates of the values of aminoacids; also for these feeds, the equations proposed in the national literature have not done reliable and accurate estimates of the values of aminoacids, apart from lysine of gluten meal which was well estimated by the equation  $0.26488 + 0.01198\text{PB}$ . For the corn hybrids, the average digestibility coefficients of essential and of the non essential aminoacids were 90.65 and 89.80%, respectively; in general, excepting the equation for estimating digestible threonine ( $-0.01738 + 0.03156\text{PB}$ ), which estimated five of the seven corn hybrids studied, the equations proposed in the national literature have not done good estimates of the content of total and

digestible aminoacids of the feeds studied; the equations proposed in the foreign literature for corn have done good estimates for lysine, methionine, methionine + cistyne and threonine, their being, therefore, adequate for the estimating of these aminoacids.

## **CAPÍTULO I**

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Na avicultura, a disponibilidade de ingredientes tem importância estratégica e representa uma alta proporção nos custos de produção. Acompanhando as estatísticas mundiais, pode-se verificar que a demanda por grãos na nutrição animal está aumentando mais rapidamente do que o aumento do suprimento, mesmo com o aumento de produtividade na área vegetal. Isto é previsível porque embora seja esperado um crescimento de 25% na população mundial para os próximos 20 anos, existe uma expectativa de aumento em 50% na demanda de produtos de origem animal. Ainda ocorre um decréscimo na quantidade absoluta e per capita de terra disponível para o uso na agricultura, resultando em menos área disponível para produzir alimento, o que aumentará o antagonismo entre alimentação humana e animal.

A avicultura moderna está rodeada de cuidados e técnicas satisfatórias de criação, mas a cada ano que passa a pressão sobre os custos de produção tende a aumentar, o que compromete seriamente a lucratividade do setor. Em condições econômicas desfavoráveis, o consumo de carne de aves aumenta, pressiona cada vez mais os preços, levando a lutas incessantes na busca de redução de custos em função do estreitamento das margens de lucro. Em outras palavras, o mercado consumidor cada vez mais sensível ao aumento de preços e se tornando mais exigente em relação à qualidade, vai impondo à cadeia produtiva de proteína animal novos parâmetros de eficiência. Independentemente da atividade e/ou do produto, a alimentação ainda é o item de maior peso no custo final. Buscar alternativas de redução de custo que se compatibilizem com as exigências do mercado é preocupação constante das indústrias do setor.

Neste aspecto, existe um grande desafio para a nutrição animal, pela melhor utilização dos alimentos utilizados na avicultura, pois sabe-se que estes

têm alta variação em seu valor nutricional em função das regiões geográficas, condições de plantio, fertilidade de solo, variabilidade genética dos cultivares, formas de armazenamento e processamento dos grãos vegetais, além da composição e forma de obtenção dos produtos. Portanto, a precisão na formulação das rações está associada à acurácia com que se determinam estes valores. Além disso, hoje há uma preocupação maior voltada para a questão ambiental. A elaboração de rações que superestimam ou subestimam os valores nutricionais dos alimentos pode ocasionar uma maior excreção. Por isso há necessidade de se conhecer com precisão os valores nutricionais, energéticos e de digestibilidade dos alimentos.

A energia, além de representar o combustível necessário e indispensável para o cumprimento de todas as funções vitais, tem participação ativa na regulação do consumo. Uma maior concentração energética resulta em diminuição de consumo, embora a ingestão de energia apresente-se praticamente constante (Schang, 1997).

Além da obtenção do valor energético dos alimentos, a maioria dos métodos diretos permite também obter os coeficientes de digestibilidade de outros nutrientes, como, por exemplo, da proteína e dos aminoácidos. A eficiência nutricional de uma proteína é resultante de dois processos: a utilização digestiva e a utilização metabólica. As necessidades dietéticas de proteína são determinadas pela habilidade desta em satisfazer as necessidades metabólicas em aminoácidos e nitrogênio. Quanto mais estreita for a relação entre o perfil de aminoácidos suplementados pelo alimento e as exigências do animal (perfil corporal), maior será o valor biológico do alimento e menor será a porcentagem de proteína requerida na dieta. Isto depende da quantidade e digestibilidade dos aminoácidos presentes em um determinado alimento (Nunes, 1999).

De acordo com a maioria dos pesquisadores, o conceito de aminoácidos digestíveis é amplamente aceito para estimar a disponibilidade de aminoácidos e, embora uma grande variedade de métodos de ensaio de digestibilidade de aminoácidos possam ser usadas, o mais usual é o ensaio de digestibilidade com galos adultos, referido como metodologia de Sibbald. Esse ensaio pode ser considerado convincente, reprodutível e, quando galos cecectomizados são utilizados, não susceptível a erros provocados por fermentações intestinais.

Outro ponto de interesse com relação a EM e aos aminoácidos digestíveis seria o desenvolvimento de equações de predição para essas medidas em função do valor da composição química, uma vez que a mesma pode sofrer grandes variações, de acordo com o cultivar e o processamento dos alimentos, entre outros fatores. Nesse caso, seria interessante, para a indústria e para os nutricionistas, que esta medida fosse obtida rapidamente, o que não é possível através de bioensaios. Dessa forma, métodos indiretos de cálculos envolvendo análises químicas e correlacionando aos resultados em ensaios biológicos têm sido propostos.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com os seguintes objetivos:

- Determinar os valores de composição química e energia metabolizável de 21 alimentos utilizados nas rações de aves.
- Determinar a composição em aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros destes 21 alimentos, utilizando galos cecectomizados.
- Validar, com os resultados obtido “*in vivo*”, equações de predição de valores energéticos e conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos estudados, disponíveis na literatura.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Variações na composição química dos alimentos**

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

No passado, era comum no Brasil o uso de tabelas estrangeiras para se obterem os valores de composição química e energética dos alimentos. Na década de 40, nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) iniciou uma série de publicações sobre as exigências nutricionais de várias espécies. Em 1959, a entidade lançou tabelas sobre composição dos alimentos, periodicamente revisadas (Rostagno et al., 1999). Assim, pela inexistência de dados nacionais, por vários anos foram, e continuam muitas vezes sendo utilizados, os valores de composição de alimentos e recomendações nutricionais de tabelas publicadas nos Estados Unidos (Scott et al., 1982; NRC, 1994) e em outros países (INRA, 1984; Rhone Poulenc, 1993; Degussa, 1993; ITCF, 1995). 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 e Embrapa, 1985), sendo as mesmas atualizadas e reeditadas no início da década de 90 (Embrapa, 1991 e Rostagno et al., 1992).

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

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

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 uma melhor produtividade.

Em estudos conduzidos por Albino (1991), em que se comparou a composição química e os níveis energéticos de diversos alimentos, observou-se grande variação dos valores de subprodutos de origem animal e; segundo o autor, as variações se originaram dos diferentes métodos de processamento e



pela falta de padronização dos produtos nacionais. Segundo Dale (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, além das variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos. 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 uma busca constante de atualização das tabelas brasileiras, com um maior número de informações sobre o valor nutricional dos alimentos.

## **2.2 Valores energéticos dos alimentos**

A necessidade de estimar o valor nutritivo dos alimentos tem suas primeiras referências em meados do século XIX. No entanto, somente um século depois foram apresentados os primeiros trabalhos estimando a digestibilidade dos alimentos. Nos Estados Unidos, Fraps citado por Schang (1997), adotando um enfoque energético, expressa seus resultados como energia produtiva (EP), enquanto, na Inglaterra, quase simultaneamente, Halman baseia seus resultados como equivalente amido. Somente em 1940 começa-se estimar o valor energético dos alimentos sob a forma de energia metabolizável (EM). Hill & Anderson (1958) comparam determinações de EM e EP para aves e encontraram que a EM foi independente dos níveis de ingestão e apresentou pouca variação, enquanto a EP foi altamente variável, apresentando resultados distintos para um mesmo alimento.

É consenso entre os nutricionistas de 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 através da 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, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as mesmas.

Para ser digerido e metabolizado pelo organismo, o alimento necessita de uma certa quantidade de energia produzida pelo animal. A elevação de calor corporal, causada pela produção de energia, é denominada termogênese dietética. Como a termogênese é acompanhada por uma aceleração metabólica, ela não pode ser estimada separadamente do metabolismo basal. A este conjunto (termogênese dietética + metabolismo basal) dá-se o nome de incremento calórico. O incremento calórico é dependente dos nutrientes ingeridos (proteínas levam a um maior incremento calórico e gorduras a um menor incremento calórico) e do tipo de produção do animal. A energia líquida (EL) é a energia efetivamente utilizada pelo organismo, e pode ser fracionada em energia para manutenção e energia para produção.

Matterson et al. (1965) afirmam preferir o uso de valores de EM a valores de EL como medida do valor energético dos alimentos porque a EM é reproduzível em diferentes laboratórios, é pouco afetada por balanço nutricional, é altamente relacionada com o desempenho animal, não é afetada por diferenças genéticas e é relativamente fácil de determinar, enquanto a EL não é prontamente reproduzível, é influenciada pelo balanço nutricional e pela alteração de densidade dos alimentos e grandemente influenciada pelas diferenças genéticas.

A energia da excreta é composta da energia proveniente de uma fração não assimilada do alimento e de uma fração de origem endógena e independente da dieta. Quando essa última fração não é considerada nos cálculos, denomina-se EM aparente (EMA); entretanto, quando a mesma passa a ser considerada, define-se como EM verdadeira (EMV). Nas últimas décadas a energia foi expressa principalmente sob a forma de EMA.

Vários métodos têm sido conduzidos na tentativa de obter uma metodologia que melhor estime o valor energético dos alimentos para aves. Basicamente estes métodos podem ser denominados diretos ou indiretos, sendo que os primeiros medem, através do animal, a diferença entre energia consumida e energia excretada. Deve ser destacado também o uso de equações de predição, as quais se baseiam na composição química dos alimentos e estão ganhando cada vez mais espaço no meio científico em função de sua grande aplicabilidade. Tais métodos permitem estimar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), energia metabolizável verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn).

A metodologia de avaliação energética mais utilizada é aquela denominada de “tradicional”, que apresenta como característica primária a utilização de uma dieta basal administrada a um grupo de aves controle, na qual uma parte de seu peso é substituído pelo ingrediente a ser utilizado, além do consumo ser *ad libitum*. Segundo Schang (1997), esse procedimento assume que toda variação no resultado da EMA da dieta é devida ao ingrediente teste, não levando em consideração o nível de inclusão e o valor extracalórico de alguns alimentos.

Assim, devido às limitações da metodologia tradicional, Sibbald (1976) sugeriu uma técnica, com base na metodologia de alimentação forçada, que consiste em alimentar forçosamente as aves com uma quantidade conhecida de

alimento, controlando, dessa forma, o fator que mais influencia os resultados, o nível de consumo. Segundo Sibbald (1975), a EMA pode variar com o nível de ingestão porque, sob condições padronizadas, a excreção de energia fecal metabólica + urinária endógena é constante. Quando o nível de consumo é alto, a influência das perdas metabólicas é pequena, entretanto, quando o consumo é baixo essas perdas podem deprimir consideravelmente a EMA. O método proposto por Sibbald (1976) considerava as perdas fecais metabólicas e urinárias endógenas, presumindo que as frações endógena e metabólica que compõe as excretas das aves alimentadas é a mesma que a das aves em jejum, e foi denominado de energia metabolizável verdadeira (EMV). O maior interesse por essa metodologia, no entanto, tem sido pela sua rapidez nas determinações e por ser menos oneroso quando comparado ao sistema normal usado de EMA (Devegowda et al., 1986, Albino, 1991).

Essa metodologia de Sibbald sofre críticas de vários autores, entre elas, a maior excreção de nitrogênio pelas aves em jejum (Dale & Fuller, 1984), a não consideração da variabilidade dos dados obtidos em aves em jejum, além da remoção de dados que se apresentam fora do desvio padrão (Pesti et al., 1988).

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável verdadeira (EMV) dos alimentos, avaliados pela metodologia da alimentação forçada (Sibbald, 1976), podem ser afetados pelos níveis de consumo de alimentos. Pequenas quantidades de alimento consumido podem causar uma mobilização de tecidos que modificaria a quantidade de nitrogênio excretada (Pesti, 1988). Além disso, pequenas quantidades de alimento podem aumentar o erro experimental (Flores & Castanon, 1991). Segundo Lima (1988), a utilização da metodologia de Sibbald resultou em uma acentuada redução da energia metabolizável aparente, quando comparada aos valores obtidos pela metodologia tradicional, devido ao baixo nível de ingestão de alimentos.

Assim, foi sugerida uma correção da EMV pelo balanço de nitrogênio (BN) (Sibbald & Morse, 1982; Sibbald & Wolynetz, 1985), denominando-a energia metabolizável verdadeira corrigida (EMVn). Hill & Anderson (1958) propuseram um valor de correção de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido devido a esta ser a energia obtida quando o ácido úrico é completamente oxidado. Sibbald (1980) e Sibbald & Morse (1982) propõem que a EMV seja corrigida através da estimativa do nitrogênio excretado, de forma a obter a EMV sob condições de balanço de nitrogênio, isto é, sem perda ou ganho de tecidos protéicos. Wolynetz & Sibbald (1984) consideraram essencial a correção dos valores energéticos pelo balanço de nitrogênio, cujas variâncias dos valores de EMAn e EMVn normalmente são menores que aquelas obtidas para EMA e EMV, respectivamente. No entanto, segundo os referidos autores, estas diferenças tendem a reduzir quando o consumo de alimento aumenta.

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

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

verdadeira corrigida (EMVn). Dessa forma, Sibbald & Morse (1983) sugerem o fornecimento de glicose para as aves em jejum.

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

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

### **2.3 Fatores que afetam o valor de energia metabolizável dos alimentos**

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

Sibbald (1978) cita que o valor de EM de um lipídeo pode ser alterado quando o mesmo é conjugado a outro de valor distinto, por exemplo, o valor de uma mistura em partes iguais de sebo e óleo de soja apresentou um valor maior

de EMA que a soma dos valores dos dois componentes. Ou seja, alimentos com alto valor de lipídeos, quando conjugados em algumas dietas, podem apresentar valor energético aditivo.

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

Além disso, segundo Carré et al. (1984) e Jorgensen et al. (1996), a composição da fibra também pode alterar a EM. A proporção entre polissacarídeos não amiláceos (PNA) da dieta pode alterar a energia metabolizável da mesma. Os PNA compreendem, entre outros, as arabinoxilanas, as  $\beta$ -glucanas e pectinas. Flores et al. (1994) citam que assim como existe uma relação positiva entre amido e energia, ocorre uma relação negativa entre EM e pentosanas solúveis em água.

Segundo Borges (1997), os PNA presentes na fibra de alguns grãos têm, no trato gastrointestinal, três efeitos negativos sobre o valor energético da dieta: encerram os nutrientes que se encontram no interior das células e impedem o acesso das enzimas (endógenas), necessário para sua degradação; provocam gelatinizações que dificultam a digestão e reduzem a absorção dos nutrientes; esta formação de gel conduz a uma grande viscosidade do bolo alimentar,

diminuindo o trânsito da digesta através do intestino e exercendo um efeito negativo sobre o consumo de ração.

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

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

Outros princípios anti-nutritivos, como os taninos no sorgo, podem modificar os valores de energia metabolizável do alimento. Rostagno et al. (1977) determinaram a energia metabolizável de dois tipos de sorgo (com tanino e sem tanino) e encontraram valores mais altos de EMAn para o sorgo sem tanino. Os pesquisadores recomendam pelo menos o uso de dois valores de energia metabolizável, de acordo com o conteúdo de tanino do sorgo.

Ravindran & Rajaguru (1985) avaliaram a EMn das farinhas de folhas de mandioca sem destoxificar e destoxificada, encontrando valores de 3197 e 3805 Kcal/kg, respectivamente. Esta diferença sugere que os glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca interferiram com a utilização de energia para aves.



Segundo Albino (1980) a existência de diferenças entre os valores de energia metabolizável da maioria dos alimentos pode ser atribuída, entre outros fatores, a variações de amostragem, idade do animal e níveis nutricionais da dieta.

Charalambous & Daghir (1976) indicaram a idade das aves como um dos fatores responsáveis por diferenças encontradas nos valores de energia metabolizável para aves alimentadas com polpa de beterraba. Esses autores citam que, além da idade, a estação do ano também pode interferir nos valores de EM. Em quatro experimentos feitos com pintos e poedeiras, no inverno e no verão, utilizando vários alimentos, os autores encontraram interações significativas entre idade e estação do ano, idade e alimento, alimento e estação do ano, com relação aos efeitos sobre a EM.

Rezende (1980) e Shires et al. (1980) chegaram a conclusões semelhantes, relatando que aves adultas, em geral, utilizaram mais energia que pintos, quando alimentadas com dietas altas em fibra. Da mesma forma, Petersen et al. (1979), avaliando uma série de alimentos (cevada, casca de cevada, farelo de trigo, farinha de alfafa, farinha de peixe, farinha de camarão, farinha de soja, farinha de girassol e feijão) para poedeiras (Leghorn com 60 semanas de idade) e frangos de corte (4 semanas de idade), encontraram maiores níveis de energia quando os alimentos foram testados com as poedeiras. Rezende et al. (1980) citam que pintos da raça Leghorn são mais eficientes na utilização de energia, por unidade de alimento, que os da raça White Plymouth Rock. Do mesmo modo, Spratt & Leeson (1987) encontraram que fêmeas de raças de corte foram menos eficientes em utilizar a energia da dieta que fêmeas White Leghorn.

Smith et al. (1988) comparando a EMA de vários alimentos (cevada, milho, aveia, tritcale e trigo) para suínos com a EMV para galos adultos,

encontraram valores similares para as duas medidas, o que sugere que a EMV em aves pode ser utilizada para prever a EMA em suínos ou vice versa.

De acordo com Colnago et al. (1979), Mittelstaedt & Teeter (1993) e McNab (1996), a composição química de alimentos oriundos de diferentes regiões e cultivares apresenta, geralmente, grandes variações, com alterações conseqüentes nos seus valores de energia.

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

Além dos métodos, a falta de uniformidade dos laboratórios e institutos de pesquisa permite a obtenção de resultados distintos para a EM de um alimento, quando se utiliza uma mesma metodologia. Bourdillon et al. (1990) sugerem um método de referência “*in vivo*” para a determinação de EM com aves adultas, com fins de padronização. Os pesquisadores avaliaram a repetibilidade do método e os efeitos da ingestão de alimentos e o compararam com outros métodos. Foram envolvidos no processo sete laboratórios, estimando e comparando os resultados de quatro dietas. Os desvios padrões entre os laboratórios para matéria seca, energia bruta, nitrogênio (kjedahl) e EMAn foram, respectivamente, 11,29 g/kg, 0,242 MJ/Kg, 1,56 g/kg e 0,380 MJ/kg. Os efeitos dos níveis de consumo (90 e 45% do consumo “ad libitum”) sobre a EMAn não foram significativos. Na seqüência, Bourdillon et al. (1990) avaliaram, além da repetibilidade da metodologia, os efeitos da idade sobre as determinações de EM para aves e fizeram comparações entre os resultados de

EMAn encontrados e valores obtidos por equações de predição. Os valores de EMAn foram significativamente mais baixos em aves jovens e esse efeito foi mais pronunciado quando a dieta continha óleo. Além disso, os valores determinados de EMAn foram muito similares àqueles preditos por três diferentes equações de regressão.

Pelo método da alimentação forçada, os valores de energia metabolizável aparente (EMA) podem variar porque, sob condições padronizadas, a excreção de energia fecal metabólica (EFm) mais a energia urinária endógena (UEe) é constante. Quando a ingestão de alimentos é alta, a influência da EFm + UEe é relativamente baixa, entretanto, em baixos consumos, esta influência torna-se significativa e deprime os valores de EMA. Segundo Sibbald (1979), este efeito não ocorreria com a energia metabolizável verdadeira, uma vez que esta medida resulta da EFm + UEe subtraída da EMA. Já Pesti (1984) discorda, sugerindo que pequenas quantidades de alimento consumidos podem causar uma mobilização de tecidos que modificaria a quantidade de nitrogênio excretada.

Lessire et al. (1995) avaliaram os valores de EM de duas farinhas de carne, com alto e baixo teor de óleo, relacionados com seus níveis de inclusão. O experimento foi baseado na metodologia tradicional e os níveis de substituição da dieta basal foram 5, 10, 20, 40 e 60 %. Um alto valor de EMAn foi observado para a farinha com baixo óleo (3356 Kcal/kg) quando o nível de inclusão foi de 5%, sugerindo um sinergismo das farinhas com os aminoácidos da dieta basal. Já para a farinha com alto teor lipídico, o valor de EMAn foi baixo (1715 Kcal/kg), podendo ser devido a interações entre cálcio e ácidos graxos e/ou proteínas.

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

A relação entre necessidade energética e consumo, segundo Sibbald (1980), é a pedra fundamental da formulação prática de rações, uma vez que a relação nutriente: energia é predeterminada, ou seja, o consumo de nutrientes pode ser regulado. No entanto, a efetividade desse método de formulação de rações é dependente da precisão obtida nas determinações dos valores de EM dos alimentos, que representa a energia disponível nos alimentos para aves.

Vários trabalhos têm sido realizados visando estimar os valores de energia dos alimentos através de métodos indiretos. No entanto, conforme citado por Rostagno (1990), a determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica, que nem sempre está disponível para as indústrias de ração do país e para estações de pesquisa. Assim, a disponibilidade de equações de predição, que é um método indireto de determinação de EM, mediante o uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos para uso prático, pode ser uma importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que se possam corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações da composição química das rações (Albino & Silva, 1996).

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

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

vezes não respondem satisfatoriamente quando testadas com dados independentes, para o que a variabilidade das técnicas analíticas pode estar contribuindo.

Outro ponto importante da utilização das equações de predição do valor energético é para os produtos de origem animal, sendo esta uma alternativa viável e prática para corrigir as alterações na composição química desses ingredientes, que são inerentes ao processo de produção e ajustam-se bem aos procedimentos de controle de qualidade de rotina, apresentando valores de energia metabolizável mais profícuos que os dados estimados diretamente de tabelas.

Lodhi et al. (1976) conduziram uma série de cinco ensaios de metabolismo para determinar a digestibilidade do nitrogênio e o conteúdo de energia metabolizável de vários alimentos ricos em proteína para aves e, a partir dos resultados obtidos e das análises bromatológicas dos alimentos, derivaram algumas regressões lineares, simples e múltiplas. A quantidade de proteína, sua digestibilidade e o conteúdo de fibra bruta foram os fatores primários na predição da energia metabolizável. A regressão simples obtida foi  $EM (Kcal/kg) = 32,95 (\%PB + \% EE + \% \text{ de carboidratos disponíveis}) - 29,20$ , sendo o carboidrato disponível a soma dos carboidratos solúveis mais o amido residual. Já a regressão múltipla apresentou-se da seguinte forma:  $EM (Kcal/kg) = 370,29 + 24,47PB + 65,77EE + 44,07\text{carboidrato disponível} - 8,15 FB$ . Os coeficientes de correlação das regressões lineares simples e múltiplas foram 0,72 e 0,73, respectivamente, indicando que a vantagem em utilizar a regressão linear múltipla em relação à simples é pequena. Por outro lado, a utilidade das equações para avaliações de rotina em alimentos para aves é visível, uma vez que os parâmetros requeridos para a predição da energia metabolizável podem ser analisados muito rapidamente.

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

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

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

Zhang et al. (1994) investigando a viabilidade de prever a EMVn da cevada a partir de análises químicas, encontraram correlações negativas com a FDN ( $R^2 = 0,78$ ) e positivas com a densidade do grão. Relações significativas também existiram entre a EMVn e o conteúdo de amido e lipídeos, mas somente 7 – 8% das variações nessa medida foram devidos a essas variáveis. A inclusão da FDN, EB, gordura, proteína e amido em uma regressão linear múltipla resultou em um ligeiro decréscimo do desvio padrão e em um aumento do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

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

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 EMAn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, através de regressões múltiplas, Pesti et al. (1986) observaram melhores ajustes ( $R^2 = 0,90$ ) 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 varia muito em relação à 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. Para Dale et al. (1990), embora as equações de predição desenvolvidas descrevam a relação entre a composição proximal e valores de EMVn de um grupo inicial de amostras, aquela equação não pode, necessariamente, ser assumida como útil em prever a EMVn de amostras futuras, sendo necessário testar a confiabilidade da estimativa. Assim, testando novas amostras, estes autores observaram que a variação da EMVn pelas equações preditas foi menor que a daquelas determinadas.

Dolz & De Blas (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (proteína bruta e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn para a farinha de carne e ossos. Dale et al. (1990), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de 4 países diferentes, e elaboraram equações para 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 incluiu 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. A autora observou que quando se exclui a variável proteína bruta, o valor do coeficiente de determinação é reduzido em aproximadamente 0,12 e ainda, que a melhor equação foi obtida com os valores de proteína bruta e proteína digestível em pepsina a 0,02%.

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

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

Em trabalhos conduzidos por Rodrigues (2000) foi determinada a energias metabolizável (aparente e verdadeira) de 19 alimentos (entre amostras de milho, subprodutos e milheto, em um grupo, e amostras de soja e subprodutos em outro), utilizando-se o método tradicional de coleta de excretas com pintos e o de alimentação forçada, com galos adultos. A partir dos resultados experimentais obtidos, ajustaram-se equações para predizer os valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, em função da composição dos alimentos de cada grupo. As equações com duas a quatro

variáveis fizeram boas predições dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho e da soja, explicando mais de 91% das variações nos valores de EMAn e EMVn obtidos com pintos e galos, respectivamente.

Como pode ser observado, os nutrientes a serem incluídos nas equações variam muito, principalmente de alimento para alimento. Isso evidencia a necessidade de se trabalhar com equações distintas para cada alimento ou para grupos de alimentos semelhantes.

Sem dúvida, de acordo com Albino & Silva (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. No entanto, apesar de sua utilidade, o NRC (1994) aponta para o fato de que nenhum estudo compara as equações estimadas com valores determinados posteriormente, ou seja, valida as equações em condições diferentes daquelas em que elas foram desenvolvidas.

## **2.5 Formulação com base em aminoácidos digestíveis**

As fontes protéicas correspondem a cerca de 25% dos custos das rações, sendo este valor alterado, em função de um possível desbalanceamento de aminoácidos. Com o intuito de amenizar estes efeitos, utilizam-se normalmente rações complexas, isto é, com vários alimentos. Entretanto, a maior parte dos aminoácidos ingeridos pelos animais está na forma de proteínas que, ao serem digeridas, resultam em pequenos peptídeos e aminoácidos livres passíveis de serem absorvidos.

O valor protéico de um alimento pode ser avaliado de diversas maneiras, porém a mais moderna é pela sua composição em aminoácidos digestíveis. No

entanto, a concentração de aminoácidos digestíveis varia substancialmente entre os alimentos.

Na maioria das vezes, os termos digestibilidade e disponibilidade são empregados como sinônimos. A disponibilidade, porém, se refere à proporção do aminoácido total que é digerido e absorvido em uma 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 através do trato digestivo.

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). Rações formuladas à base de aminoácidos digestíveis proporcionam melhores desempenhos do que rações formuladas à base de aminoácidos totais, principalmente quando forem utilizados alimentos não-convencionais (Tankslei & Kanabe, 1984; Rostagno, 1990; Parsons et al. 1995; Scheuermann & Bellaver, 1995).

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, tornaram possível a condução de mais pesquisas relacionadas ao assunto (Parsons, 1996).

O balanceamento dos aminoácidos em uma ração deve ser o mais correto possível para que não ocorra falta ou excesso de qualquer aminoácido e para que eles sejam completamente aproveitados. O desbalanço pode provocar problemas na absorção e no aproveitamento destes aminoácidos, causando prejuízos ao

desempenho das aves e à exploração avícola, na forma de produção, ou aumento de custos (Coon, 1991).

Um dado importante do estudo da digestibilidade dos aminoácidos é que estes valores são aditivos, isto é, o suprimento de aminoácidos digestíveis de uma dieta completa pode ser determinado pela soma dos coeficientes obtidos com as análises dos ingredientes individualmente (Engster et al., 1995; Anhkanaporn et al. 1997).

Segundo Dale (1992), quando se utiliza valor de aminoácidos totais em vez de valores disponíveis, existem duas grandes possibilidades de erros. Primeiro, os aminoácidos sintéticos teriam o mesmo valor relativo que os aminoácidos naturais presentes nos ingredientes de rações, subestimando o valor das fontes sintéticas, que têm sua disponibilidade estimada em 100%, ao passo que as fontes naturais têm valores inferiores. Segundo, é de se considerar que todos os alimentos têm os mesmos coeficientes de digestibilidade.

A concentração de aminoácidos nos alimentos varia profundamente em razão de vários fatores. Em grãos ocorrem variações entre espécie e, às vezes, dentro de espécie. O estágio fisiológico da planta, o solo e a estação do ano, além de outros fatores, contribuem para essas variações (Albino, 1991).

Ainda segundo este autor, o grau de digestibilidade dos aminoácidos nos grãos de cereais depende também da localização da proteína no grão. As proteínas localizadas no endosperma da cevada e do trigo apresentaram melhor digestibilidade que as localizadas na camada aleurona multicelular, na qual as proteínas se encontraram firmemente ligadas à matriz celulósica.

O teor de fibra do alimento pode reduzir a digestibilidade dos aminoácidos e aumentar a perda de aminoácidos endógenos por provocar lesões nas células da mucosa do intestino e aumentar a produção de muco. A digestibilidade dos aminoácidos é reduzida em razão da formação de uma

camada gelatinosa em torno dos mesmos. Albino et al. (1981), em pesquisa para determinação dos valores de triptofano aparentemente metabolizável (TAM), encontraram valores variando de 15,8 % (farinha de sangue) a 94,6% (farelo de soja) para poedeiras e de 10,2% e 88,1% nos mesmos alimentos, respectivamente, para frangos de corte (31 a 39 dias). Os coeficientes de TAM para os farelos de babaçu e ouricuri, alimentos com alto conteúdo de parede celular, foram maiores para poedeiras, quando comparadas aos frangos, fato que se explica pelo aumento da digestibilidade da fibra em função do aumento de idade das aves, tornando a proteína mais acessível às enzimas digestivas.

Ainda, Borges et al. (1999), trabalhando com alimentos oriundos do trigo, observaram que alimentos com maior teor de fibra apresentaram os menores valores de coeficiente de digestibilidade (aparente e verdadeira) nos experimentos com metodologia tradicional e nos de alimentação forçada, confirmando a interferência da fibra sobre a digestibilidade dos aminoácidos.

Outro fator que interfere nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos é o teor de tanino do alimento. Segundo Yuste et al. (1995), os taninos inibem a atividade de certas enzimas digestivas como a  $\alpha$ -amilase e a tripsina, diminuindo, conseqüentemente, a atividade da amilase. Também tem sido observada uma correlação negativa entre o conteúdo de tanino e a energia metabolizável do alimento. Dessa forma, esses pesquisadores avaliaram a EMVn, o amido e os aminoácidos digestíveis de duas variedades de grãos de sorgo com diferentes concentrações de tanino (0 e 0,2). Os resultados obtidos mostraram valores reduzidos de EMVn e aminoácidos metabolizáveis nas aves alimentadas com a variedade com alto teor de tanino, entretanto, os valores de amido metabolizável não apresentaram diferenças entre as variedades.

O bioensaio proposto por Sibbald (1976) para estimativa da energia metabolizável verdadeira pode se prestar à determinação dos aminoácidos

digestíveis. Likuski & Dorell (1978) citam que este método pode ser interessante, uma vez que é rápido e de baixo custo, mas, assim como os outros métodos, apresenta suas limitações. Engster et al. (1995) mencionam que um dos pontos falhos seria o desconhecimento da contribuição dos aminoácidos microbianos na excreta, além de não se saber ao certo se os aminoácidos urinários e endógenos são os mesmos nas aves em jejum e alimentadas com os alimentos teste. Como vantagem, pode-se mencionar que, em adição à medição de cada aminoácido, podem ser determinados, simultaneamente, os valores de energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMVn).

Likuski & Dorell (1978) avaliaram a digestibilidade aparente e verdadeira dos aminoácidos de várias amostras de farelo de milho e farelo de soja pela metodologia da alimentação forçada. Os autores encontraram valores de digestibilidade verdadeira (corrigidas pelos valores de aminoácidos de aves em jejum) acima de 100% para o triptofano, cistina, metionina, lisina, tirosina, histidina e serina, o que, segundo os mesmos pesquisadores, poderia ser explicado pelas pequenas concentrações dos mesmos nos alimentos e excreta.

Como aparte, cabe ainda mencionar que Muramatsu et al. (1994) citam que a presença da microflora intestinal pode afetar o metabolismo das aves em vários aspectos. No metabolismo normal da proteína, por exemplo, pouco ou nenhum efeito foi produzido pela presença da microflora; entretanto, quando as aves foram sujeitas a uma deprivação protéica a excreção de N endógeno foi menor nas aves normais, quando comparadas àquelas *germ-free*. A diferença mais pronunciada foi encontrada na síntese de proteína em tecidos com contato direto aos microrganismos do intestino. A síntese de proteína na mucosa intestinal aumentou, enquanto nenhum efeito foi observado nos músculos esqueléticos. Os autores citam ainda que os efeitos da microflora no metabolismo da energia também podem ser evidentes. Em um experimento no qual variou-se a quantidade de energia fornecida (de zero à suficiente para a

manutenção), para aves normais e livres de germe, os autores observaram que quando a energia dietética não era disponível, a presença da flora microbiana beneficiava as aves, por diminuição das perdas endógenas, enquanto, quando a energia dietética era acima da manutenção, a eficiência da utilização energética era diminuída pela presença da microflora.

Parsons et al. (1982) estimaram que 20% dos aminoácidos perdidos nas excretas de aves são de origem microbiana e que galos cectomizados produzem maior quantidade de aminoácidos endógenos na excreta que galos normais. Johns et al. (1986) citam que a taxa de degradação microbiana de aminoácidos é maior que a taxa de síntese, contribuindo para uma superestimação da digestibilidade dos aminoácidos. Para eliminar esse efeito, alguns pesquisadores utilizaram a metodologia de coleta da digesta na porção terminal do íleo, entretanto a técnica convencional requeria que as aves fossem sacrificadas.

Uma modificação nesta técnica foi a introdução de uma cânula em T na porção final ileal, eliminando a necessidade do sacrifício das aves. A utilização de digesta ileal pode se prestar a outras determinações, como por exemplo, ácidos graxos. Do mesmo modo como ocorre com os aminoácidos, os microrganismos do intestino grosso e ceco podem biohidrogenar ácidos graxos insaturados, invalidando os dados de digestibilidade dos ácidos individualmente (Ajuyah et al., 1996). Segundo Crissey & Thomas (1987), a utilização de galos cectomizados é uma outra alternativa, uma vez que o ceco é o local de maior atividade microbiana.

Kessler et al. (1981) desenvolveram um trabalho para observar o padrão de excreção de aminoácidos em galos em jejum, intactos e cectomizados, uma vez que os mesmos são usados para a determinação da excreção dos aminoácidos fecal metabólico e urinário endógeno. Os resultados mostraram diferenças significativas para todos os aminoácidos, com exceção da metionina e

da histidina, entre os dois grupos. Em todos os casos de diferenças significativas os valores dos aminoácidos foram maiores nos galos cectomizados. Os autores não conseguiram, no trabalho referido, concluir a que se deveu este resultado. Já Han & Parsons (1990), em vários experimentos conduzidos para avaliar diversas metodologias de determinação da digestibilidade dos aminoácidos da farinha de alfafa, farinha de penas e farinha de subprodutos avícolas, em aves convencionais e cecectomizadas, encontraram que a digestibilidade verdadeira de muitos aminoácidos foi menor nas aves cecectomizadas.

Aves cecectomizadas são utilizadas principalmente para observações da digestibilidade da proteína e aminoácidos, mas podem ser utilizadas para avaliar energia, uma vez que, segundo Hayes et al. (1990), dados a respeito da influência cecal sobre a energia metabolizável são escassos.

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

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, 1976) 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 um determinado alimento, reduzindo o tempo e o custo de obtenção.



Outro aspecto que pode influenciar a digestibilidade dos aminoácidos é o modo de secagem da excreta. Dale et al. (1985) avaliaram os efeitos da secagem de excreta no forno ou no liofilizador sobre a disponibilidade dos aminoácidos e concluíram que a digestibilidade dos aminoácidos totais não apresentou diferenças pelos dois métodos, entretanto, para vários aminoácidos individualmente, como lisina, metionina, arginina e valina, os valores de disponibilidade foram altos na secagem no forno. Isso sugere ou uma destruição limitada ou uma ligação irreversível desses aminoácidos durante a secagem por calor.

Pupa (1995) realizou um experimento comparando três tipos de rações formuladas com alimentos tradicionais e não-convencionais, com objetivo de testar as influências da digestibilidade dos aminoácidos sobre o desempenho produtivo de frangos de corte. Os resultados encontrados por este autor comprovam que a formulação de dietas em base de aminoácidos digestíveis proporciona melhor desempenho dos animais. Quando alimentos não-convencionais foram utilizados e os níveis de aminoácidos digestíveis foram supridos com fontes sintéticas, o desempenho das aves não sofreu alterações e os custos de produção foram reduzidos.

Desta 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; Zanella, 1998).

Os métodos utilizados para determinar a disponibilidade e/ou digestibilidade dos aminoácidos são importantes para os nutricionistas e válidos para prever a resposta de produção. Parsons (1991) descreve 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 valores de digestibilidade obtidos “*in vivo*”.

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). As exigências das aves em termos de aminoácidos digestíveis têm sido estabelecidas. 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.

Rostagno et al. (1995) concluíram que a formulação de dietas com igual conteúdo de lisina e aminoácidos sulfurosos digestíveis para frangos de corte possibilita uma melhor predição da qualidade da proteína dietética e desempenho das aves, quando comparadas a dietas baseadas em aminoácidos totais, além de oferecer a alternativa de usar alimentos mais baratos na formulação, com adequada suplementação de aminoácidos cristalinos, e também oferecer 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. (1992b), quando trabalharam com pintos de 1 a 21 dias de idade.

Douglas & 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 alimentos não convencionais são melhor empregados quando se formula as rações com base nos aminoácidos digestíveis.

Muztar & Slinger (1977) avaliaram a digestibilidade dos aminoácidos de três diferentes amostras de milho e uma de alfafa desidratada, usando a metodologia de Sibbald (1976). Dois métodos de alimentação foram utilizados: os alimentos foram oferecidos puros ou misturados em uma dieta basal. Os valores foram calculados tanto para a digestibilidade aparente (CDAaa) quanto para a verdadeira (CDVaa), isto é, corrigido pelas perdas endógenas. Para o milho ocorreram grandes variações na CDAaa de alguns aminoácidos nos diferentes métodos de alimentação, entretanto essas variações não refletiram na CDVaa, enquanto, para a alfafa, tanto a CDAaa quanto a CDVaa foram similares quando oferecidas puras ou misturadas na dieta basal.

## **2.6 Predição do conteúdo de aminoácidos dos alimentos através da sua composição química**

Segundo Engster et al. (1985), diferentes métodos de determinação têm sido utilizados para a avaliar a digestibilidade de aminoácidos para aves, incluindo ensaios de crescimento, ensaios químicos e microbiológicos, medição de aminoácidos sanguíneos e experimentos de balanço em que aminoácidos ileais ou fecais são mensurados. Cada um destes trabalhos apresenta méritos e limitações e podem resultar em valores diferentes.

Outro método que está se evidenciado nos dias de hoje são as equações para prever o conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis a partir da composição química proximal baseadas em regressões lineares simples e múltiplas. A maior importância desse método é devido ao alto custo e à dificuldade das análises de aminoácidos, pois estas necessitam de aparelhos

laboratoriais de altíssima precisão e que requerem pessoas treinadas para efetuar as análises, o que muitas vezes inviabiliza todo este procedimento.

Assim, como ocorre para os valores de energia metabolizável, muitos fatores influenciam a composição em aminoácidos de grãos e alimentos protéicos. Algumas 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 totais 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). No entanto, trabalhos nessa área, principalmente para prever o conteúdo de aminoácidos digestíveis, são escassos, indicando, portanto, a necessidade de intensificação das pesquisas.

Nunes (1999) estimou equações para prever 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; recentemente, Rodrigues et al. (2000), trabalhando com milheto, milho e subprodutos de milho e soja e subprodutos, determinaram os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e o conteúdo em aminoácidos digestíveis verdadeiros desses alimentos. A partir desses resultados estabeleceram-se equações para prever a composição dos alimentos em aminoácidos totais e digestíveis do milho e subprodutos em função da composição em PB, FB, EE e MM dos alimentos, obtendo-se coeficientes de determinação acima de 90%.

Pode ser constatado, na literatura, que os resultados são muito divergentes, sendo necessário um maior número de pesquisas que solidifiquem

os resultados obtidos com as equações de predição, uma vez que estas têm se tornado cada vez de maior utilidade na estimativa do conteúdo de aminoácidos dos alimentos, principalmente pelo alto custo e pela dificuldade desta análise laboratorial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJUYAH, A. O.; BALNAVE, D.; ANNISON, E. F. Determination of apparent and true dietary fatty acid digestibility and metabolisable energy using ileal digesta and excreta from broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 62, n. 2/4, p. 131-139, Nov. 1996.

ALBINO, L. T. F. **Determinação de valores de energia metabolizável e triptofano de alguns alimentos para aves em diferentes idades**. 1980. 55 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; COSTA, P. M. A. et al. Tabela de composição de alimentos concentrados. VI. Valores de triptofano e de triptofano aparentemente metabolizável. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 10, n. 1, p. 147-155, jan./fev. 1981.

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, p. 1037-1046, nov./dez. 1992a.

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

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Tópicos Avançados em Exigências Nutricionais para Frangos de Corte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6.; CONGRESSO NACIONAL, 14.; CONGRESSO ESTADUAL, 1996, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS - Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, 1996. p. 59-64.

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, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.

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. 03, p. 270-276, July 1997.

ASKBRANT, S.; KHALILI, M. Estimation of endogenous energy and nitrogen losses in the cockerel during fasting and postprandial. **British Poultry Science**, Edinburgh, . 31, n. 1, p. 155-162, Mar. 1990.

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

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

BEDFORD, M. Restriciones digestivas de los ingredientes alimentários e oportunidades teóricas para a suplementação de enzimas. In: SEMINARIO SOBRE O EMPLEO DE ENZIMAS EN LA NUTRIÇÃO ANIMAL, 1991, Madrid. **Anais...** Madrid, 1991. p. 1-5

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., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p. 1-23.

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

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

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

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

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

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

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

COLNAGO, G. L.; COSTA, P. M. A.; FONSECA, J. B.; SILVA, D. J. Composição química e energia metabolizável de alguns alimentos para poedeiras. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 654-664, jul./ago. 1979.

COON, C. N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: TECHNICAL SYMPOSIA, 191, Aruba. **Proceedings....** Aruba: NOVUS INTERNATIONAL, 1991. p. 11-40.

CRISSEY, S. D.; THOMAS, O. P. Comparison of the sensitivities of growth and digestibility studies using intact, cecotomized, and cannulated roosters. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, n. 5, p. 866-874, May 1987.



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

DALE, N. True metabolizable energy of feather meal. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 1, n. 3, p. 331-334, 1992.

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

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

DALE, N. M.; FULLER, H. L.; PESTI, G. M. Freeze drying versus oven drying of excreta in true metabolizable energy, nitrogen-corrected true metabolizable energy, and true amino acid availability bioassays. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 2, p. 362-365, Feb. 1985.

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

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

DEVEGOWDA, G.; RAMAPPA, B. S.; SHASHIKUMAR, S. K. True metabolizable energy values of some feedstuffs in chickens. **Indian Journal Poultry Science**, New Delhi, v. 21, n. 1, p. 29-31, 1986.

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

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, p. 556-560, Apr. 1999.

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

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja e Arroz. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3. ed. Concórdia: CNPSA, 1991. 97 p. (Documentos, n. 19).

ENGSTER, H. M.; CAVE, N. A.; LIKUSKI, H.; MCNAB, J. M.; PARSONS, C. A.; PFAFF, F. E. A collaborative study to evaluate a precision-fed rooster assay for true amino acid availability in feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 3, p. 487-498, Mar. 1985.

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. 02, p. 307-313, mar./abr. 1998a.

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. 02, p. 314-318, mar./abr. 1998b.

FLORES, M. P.; CASTANON, J. I. R. Effect of level of feed input on true metabolizable energy values and their additivity. **Poultry Science**, Champaign, v. 70, n. 6, p. 1381-1385, June 1991.

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

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

HAN, Y.; PARSONS, C. M. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal, and poultry by product meal by various methods. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 9, p. 1544-1552, Sept. 1990.

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. 01, p. 11-39, Mar. 1986.

HAYES, J. P.; DU PREEZ, J. J.; DUCKITT, J. S.; ADAMS, A. A. Effect of caeectomy on true metabolizable energy and lysine availability in roosters. **South African Journal Animal Science**, Pretoria, v. 20, n. 4, p. 252-255, Dec. 1990.

HILL, S. J.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 64, n. 04, p. 587-603. Apr. 1958.

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, p. 45-58, Apr. 1988.

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

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

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

JOHNS, D. C.; LOW, C. K.; SEDCOLE, J. R.; JAMES, K. A. C. Determination of amino acid digestibility using caeectomised and intact adult cockerels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 27, n. 1, p. 451-461, 1986.

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

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

KESSLER, J. W.; NGUYEN, T. H.; THOMAS, O. P. The amino acid excretion values in intact and cecectomized negative control roosters used for determining metabolic plus endogenous urinary losses. **Poultry Science**, Champaign, v. 60, n. 8, p. 1576-1577, Aug. 1981.

LESSIRE, M.; LECLERCQ, B.; CONAN, L.; HALLOUIS, J. M. A methodological study of the relationship between the metabolizable energy values of two meat meals and their level of inclusion in the diet. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 9, p. 1721-1728, Sept. 1995.

LIKUSKI, H. J. A.; DORRELL, H. G. A bioassay for rapid determinations of amino acid availability values. **Poultry Science**, Champaign, v. 57, n. 10, p. 1658-1660, Oct. 1978.

LIMA, I. L. **Composição química e valores energéticos de alguns alimentos determinados com pintos e galos, utilizando duas metodologias**. 1988. 67 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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

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

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

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. 11 p. (Research Report, 7).

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

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

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

MURAMATSU, T.; NAKAJIMA, S.; OKUMURA, J. Modification of energy metabolism by the presence of the gut microflora in the chicken. **British Journal Nutrition**, Cambridge, v. 71, n. 5, p. 709-717, May 1994.

MUZTAR, A. J, SLINGER, S. J. Bioavailable amino acids in corn and alfafa as measured by applying the true metabolizable energy assay. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 12, p. 1873-1877, Dec. 1977

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

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

PARSONS, C. M. Broiler feed formulation on a digestible amino acid basis. In: SYMPOSIUM PRE-CONGRESS - LATIN AMERICAN POULTRY CONGRESS, 12., 1991, Quito. **Anais....** Quito, 1991. p. 1-8

PARSONS, C. M.; FERNANDEZ, S. R.; YE ZANG. Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus digestible amino acid basis. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1168-1179, July 1995.

PARSONS, C. M. Digestible amino acids for poultry and swine. **Animal Feed Science and Tecnology**, Amsterdam, v. 59, n. 1/3, p. 147-153, June 1996.

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

PESTI, G. M. Influence of substitution method and of food intake on bioassays to determine metabolisable energy with chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 25, n. 4, p. 495-504, Oct. 1984.

PESTI, G. M.; DALE, N. M.; WARE, G. O. Critique of methods of estimativa the variability of metabolizable energy from assays with fasted roosters. **Poultry Science**, Champaign, v. 67, n. 8, p. 1188-1191, Aug. 1988.

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

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

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

RAVINDRAN, V.; RAJAGURU, A. S. B. Nutriente contents of some unconventional poultry feeds. **Indian Journal of animal Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 58-61, July 1985.

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

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

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

ROSTAGNO, H. S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 11- 30.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinar disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 64-76, jan./fev. 1977.

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

ROSTAGNO, H. S.; PUPA, J. M. R.; PACK, M. Diet Formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 4, p. 293-299, 1995.

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

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

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

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

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

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, p. 649-656, Dec. 1998.

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

SIBBALD, I. R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 668-673, May 1979.

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



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

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. 59, n. 4, p. 805-811, Apr. 1980.

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

SIBBALD, I. R. The effect of level of feed intake on metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, n. 06, p. 1990-1997, Nov. 1975.

SIBBALD, I. R. **The T. M. E. system of feed evaluation: methodology, feed composition data and bibliography**. Ottawa: Research Branch Agriculture, 1986. 114 p. (Technical Bulletin, 1986-4E).

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

SIBBALD, I. R.; MORSE, P. M. The effects of level of feed input and excreta collection time on estimates of metabolic plus endogenous energy losses in the bioassay for true metabolizable energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 62, n. 1, p. 62-68, Jan. 1982.

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

SIBBALD, I. R.; WOLYNETZ, M. S. Relationships between estimates of bioavailable energy made with adult cockerels and chicks: effects of feed intake and nitrogen retention. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 1, p. 127-138, Jan. 1985.

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

SMITH, W. C.; MOUGHAN, P. J.; PEARSON, G. A comparison of bioavailable energy values of ground cereal grains measured with adult cockerels and growing pigs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 19, n. 1/2, p. 105-110, Jan. 1988.

SPRATT, R. S.; LEESON, S. Determination of metabolizable energy of various diets using Leghorn, dwarf, and regular broiler breeder hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, n. 2, p. 314-317, Feb. 1987.

TANKSLEY, T. D. Jr; KNABE, D. A. In: HARESING, W.; COLE, D. J. A. (Ed.). **Recent advances in animal Nutrition.** New York, 1998. p. 75-94.

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

YUSTE, P.; BRENES, A.; VIVEROS, A. Energia metabolizable verdadera y digestibilidades de los aminoacidos y del almidon de dos variedades de guisantes (*P. sativum*, var. Frisson y local) con distinta concentracion en taninos en pollos adultos. **Investigaciones Agricolas, Produccion Sanidade Animal**, Buenos Aires, v. 10, n. 3, 201-209, 1995.

ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte.** 1998. 179 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

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

## **CAPÍTULO II**

### **VALORES ENERGÉTICOS DA SOJA INTEGRAL E FARELOS DE SOJA, DETERMINADOS COM GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

## RESUMO

OST, Paulo Roberto. Valores energéticos da soja integral processada e farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. **In: \_\_\_\_\_. Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2003. p.49-73. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Foi conduzido um ensaio de metabolismo com objetivo de determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) da soja integral tostada, soja integral micronizada e cinco marcas de farelos de soja, através do método de alimentação da forçada com galos adultos e, posteriormente, a partir dos resultados experimentais obtidos, validar equações para predizer a EMVn em função da composição química dos alimentos. Para isso foi utilizado o método da alimentação forçada, utilizando-se 24 galos Leghorn adultos, com peso médio de  $2348 \pm 165$  g. Cada galo constituiu uma unidade experimental e cada alimento foi fornecido a 6 galos (6 repetições), sendo duas repetições no tempo. Simultaneamente foram mantidos 6 galos em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Antes do período experimental, cada galo foi mantido sem alimento por 24 horas para esvaziamento do trato digestório e então forçado a ingerir 30 gramas do alimento teste. A partir daí foram realizadas quatro coletas de excretas, de 12 em 12 horas, para evitar fermentação. Ao final deste período, os alimentos, e também as excretas, foram homogeneizados para análise de matéria seca, nitrogênio e energia bruta e, então, calculados os valores de energia. Os valores de EMVn calculados foram então contrastados com valores de EMVn estimados a partir de equações de predição apresentadas na literatura nacional para grupos de alimentos semelhantes aos do presente trabalho. Os valores de EMVn dos farelos de soja variaram de 2531 a 2730 Kcal/kg de MS e os da soja integral tostada e micronizada foram 3732 e 4027 Kcal/kg de MS, respectivamente. Para as sojas integrais e os farelos de soja, a equação que melhor estimou os valores de energia foi  $2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{FDN} + 63,09\text{EE}$ . De maneira geral conclui-se as equações

---

<sup>1</sup> **Comitê Orientador:** Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA..

testadas no presente trabalho não fizeram boas estimativas dos valores de EMVn; portanto, não são seguras para utilização na prática.

## ABSTRACT

OST, Paulo Roberto. Energy values of processed whole soybean and soybean meals determined with adult roosters and by prediction equations. **In: \_\_\_\_\_ True metabolizable energy an digestible aminoacids of some feeds for birds determined with adult roosters by prediction equations.** Lavras: UFLA, 2003. p.49-73.(Thesis - Doctorate).<sup>1</sup>

A metabolism trial was conducted with the aim to determine the values of apparent metabolizable (EMA), corrected apparent (EMAn), true (EMV) and corrected true energy (EMVn) of toasted whole soybean, micronized whole soybean and five brands of soybean meal through the forced feeding method with adult roosters and afterwards, from the experimental results obtained, to validate equations to, predict EMVn as related with chemical composition of the feeds. For that, the forced feeding method was utilizing, by employing 24 adult Leghorn roosters averaging  $2,348 \pm 165$  g. Each rooster became an experimental unit and each feed was given to 6 roosters (6 replicates), two replicates being in time. Simultaneously, 6 roosters were kept in fasting for determination of the endogenous and metabolic losses. Before the experimental period, each rooster was maintained without any feed for 24 hours for emptying of the digestive tract and then forced to ingest 30 grams of the test feed. For that reason, four collections of excreta were done every 12 hours, to avoid fermentation. At the end of this period, the feeds and also the excreta were homogenized for analysis of dry matter, nitrogen and gross energy and then calculated the values of energy. The values of EMVn calculated were then contrasted with values of EMVn estimated from the prediction equations presented in the national literature for groups of feeds similar to those of the present work. The values of EMVn of the soybean meals ranged from 2531 to 2730 Kcal/kg of DM and those of toasted and micronized whole soybean were 3732 and 4027 Kcal/kg of DM, respectively. For the whole soybeans and soybean meals, the equation which best estimated the values of energy  $2690.62 - 40.87ADF + 19.96NDF + 63.09EE$ . In general, it follows that the equations tested in the present work have not done good estimates of the values of EMVn, so, they are not safe for utilization in practice.

---

<sup>1</sup> **Guidance committee:** Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Adviser); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

A nutrição das aves de corte e postura vem sendo desenvolvida desde a década de 50, atingindo um estágio que permite a elaboração de programas alimentares que resultam na exploração do moderno potencial genético. A literatura atual é farta no que se refere a recomendações nutricionais, bem como à composição dos alimentos, as quais são facilmente encontradas em diferentes fontes de consultas, como as tabelas da Embrapa (1991), NRC (1994), Leeson & Summers (1997), Rostagno et al. (2000), dentre outras, o que permite aos nutricionistas optarem por uma ou outra fonte de recomendação nutricional e composição de alimentos a fim de alcançarem melhores resultados de campo.

Mesmo com o conhecimento dos alimentos normalmente utilizados na avicultura, sabe-se que existem variações nas suas composições, pois, regiões geográficas, condições de plantio, fertilidade de solo, variabilidade genética dos cultivares, formas de armazenamento e processamento dos grãos vegetais, além da composição e da forma de obtenção de produtos de origem animal, são fatores que influenciam nos valores nutricionais desses alimentos, considerando que a precisão na formulação das rações está ligada à acurácia com que se determinam estes valores.

De acordo com Dale & Fuller (1982), a energia, aliada a outros fatores, é o principal fator limitante para um ótimo desempenho das aves e a precisão na determinação dos valores de energia metabolizável (EM) pode refletir em acréscimos no ganho de peso das aves e, principalmente na sua eficiência alimentar. Mesmo sendo a soja e seus subprodutos fontes protéicas das rações, contribuem com uma porcentagem representativa da energia da dieta. Entretanto, a determinação de valores energéticos e de digestibilidade de nutrientes nem sempre são de fácil execução, além de demandarem tempo e

serem de custo elevado, ficando, portanto, a cargo das instituições de pesquisa e de poucas empresas privadas a responsabilidade quanto a apuração dos valores nutricionais dos alimentos destinados à nutrição das aves e mesmo de outras espécies.

A determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica, que nem sempre está disponível para as indústrias de ração do país e para estações de pesquisa. Assim, a disponibilidade de equações de predição, que é um método indireto de determinação de EM, mediante o uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos para uso prático, tem sido uma importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que se possam corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações da composição química das rações.

Alguns autores, como Dale et al. (1990), comentam que embora as equações de predição desenvolvidas descrevam a relação entre a composição proximal e física e os valores de energia de um grupo inicial de amostras, estas não podem, necessariamente, ser assumidas como úteis em predizer o conteúdo energético de amostras futuras, sendo necessário testar a confiabilidade da estimativa. Além disso, o NRC (1994), e também o NRC (1998), apontam para o fato de que muito poucos estudos comparam as equações estimadas com valores determinados posteriormente, ou seja, validam as equações em condições diferentes daquelas em que elas foram desenvolvidas.

Diante de tais colocações, o presente trabalho teve como objetivo determinar os valores energéticos da soja e co-produtos, através do método de alimentação forçada com galos adultos e, posteriormente, a partir dos resultados experimentais obtidos, validar equações de predição da EMVn em função da composição química, encontradas na literatura, para os alimentos em questão.



## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Para determinação dos valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) de sete alimentos protéicos à base de soja, adquiridos em empresas comerciais, sendo cinco marcas de farelo de soja encontradas no comércio (denominados farelos de soja 1, 2, 3, 4 e 5), soja integral tostada e soja integral micronizada, foi utilizado um ensaio biológico com galos adultos (método da alimentação forçada), conduzido na sala de metabolismo do DZO da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais, situado a uma altitude de 910 metros, 24 °14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste. A temperatura interna do aviário foi mantida em  $23 \pm 2$  °C.

Para obtenção da 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), onde permanecem por um período de 30 minutos, com temperatura inicial de 170°C e final de aproximadamente 150°C, sendo posteriormente retirados e naturalmente resfriados para a temperatura ambiente. Já para a obtenção da soja integral micronizada, também denominada 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 posteriormente em moinhos cilíndricos que possibilitam reduzir o produto a uma granulometria de 30 - 35 microns, o que origina o termo micronizada.

## **2.1 Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada**

Foi utilizado o método da alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (Sibbald, 1976), utilizando 24 galos Leghorn adultos, com 30 meses de idade e peso médio de  $2348 \pm 165$  g. Cada um dos 7 alimentos descritos foi fornecido a 3 galos, em duas repetições no tempo, perfazendo 6 repetições para cada alimento. Cada galo foi alojado individualmente e constituiu uma unidade experimental. Adotou-se um procedimento para que cada ave não recebesse o mesmo alimento por duas vezes. Simultaneamente, em cada uma das duas repetições no tempo, foram mantidos em jejum 3 galos, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Utilizou-se um intervalo de 7 dias entre as duas repetições no tempo, para descanso dos galos e recuperação de seu peso, onde os animais receberam uma ração de terminação de frangos de corte.

Antes do período experimental, os galos foram alojados em gaiolas individuais e passaram por um período de adaptação, em que receberam alimentação em 2 turnos de 1 hora, às 8:00 e 16:00 horas, para que os galos se habituassem a encher o papo rapidamente, promovendo, assim, a dilatação. Essa dilatação é importante para diminuir a ocorrência de regurgitações após a alimentação forçada durante o período experimental, pois uma vez que o galo regurgite, há perda da repetição.

Após o período de adaptação as aves foram mantidas em jejum por 24 horas com o objetivo de esvaziar o trato digestório e, então, forçadas a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo, fornecidos aos galos às 8:00 horas da manhã. Nesse mesmo momento foram colocadas as bandejas coletoras de excretas sob as gaiolas, devidamente revestidas com plásticos, a fim de evitar perdas e facilitar a coleta. A coleta total

das excretas foi realizada às 8:00 e 16:00 horas, para evitar fermentações, por um período de 48 horas depois de iniciado o fornecimento dos alimentos, totalizando 4 coletas.

As excretas coletadas foram acondicionadas em frascos de vidro com tampas, devidamente pesados e identificados, e então colocadas em congelador (-10°C) até o final do período de coleta. Logo após a última coleta os vidros foram pesados e, por diferença de peso dos vidros vazios, identificado o peso total das excretas. Estas foram então homogeneizadas e levadas ao laboratório para análise de MS, N e EB, após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas ou até peso constante.

Para cada alimento foram determinados os valores 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), conforme as técnicas descritas por Silva (1990), exceto a energia bruta, determinada em bomba calorimétrica. O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por Nelson (1944).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA, com exceção do amido, o qual foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos.

Os valores energéticos dos alimentos, apresentados em Kcal/kg de MS, foram determinados conforme a fórmula de Matterson et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio, de acordo com as fórmulas:

$$\text{EMA} = \frac{\text{EB ingerida} - \text{EB excretada}}{\text{MS ingerida}}$$

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

BN = Balanço de Nitrogênio = N ingerido - N excretado

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

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

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

## **2.2 Validação de equações de predição dos valores energéticos em função da composição química dos alimentos**

Para que uma equação de predição de conteúdo energético seja assumida como eficaz para predizer a energia de amostras futuras, é necessário testar a confiabilidade da estimativa, ou seja, para tornar as equações válidas, é preciso comparar as equações estimadas com valores determinados posteriormente em outros ensaios. Por este motivo, resolveu-se extrair da literatura mais recente, equações de predição de energia de alimentos específicos ou de grupos de alimentos, montar ensaios de metabolismo com alimentos semelhantes a estes e analisar a composição química dos mesmos e, por fim, aplicar os resultados obtidos às equações propostas pelos autores e verificar se as equações predizem com acurácia os valores energéticos observados nos ensaios de metabolismo.

Na literatura são escassas as equações para energia metabolizável verdadeira e somente nos últimos anos alguns autores propuseram equações que estimam a EMVn. Rodrigues et al. (2002) trabalharam com 8 alimentos a base de soja (farelos de soja e sojas integrais) e estimaram equações para prever a energia metabolizável verdadeira deste grupo de alimentos, a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, obtendo bons ajustes. Segundo os autores, as equações com duas a quatro variáveis fizeram boas predições dos valores energéticos do grupo da soja, explicando mais de 91% das variações nos valores de EMVn, sendo algumas destas utilizadas para validação no presente trabalho, além de uma equação com cinco e outra com seis variáveis.

As equações utilizadas foram as seguintes:

$$\text{EQUAÇÃO 1: } 2090,04 + 43,76\text{PB} - 48,60\text{FDA} + 47,93\text{FDN} + 52,50\text{EE} - 170,35\text{MM} - 55,69\text{AMIDO}$$

$$\text{EQUAÇÃO 2: } 1393,41 + 34,55\text{PB} - 46,96\text{FDA} + 35,83\text{FDN} + 66,90\text{EE} - 41,62\text{AMIDO}$$

$$\text{EQUAÇÃO 3: } 1251,83 + 27,60\text{PB} - 39,84\text{FDA} + 21,11\text{FDN} + 75,01\text{EE}$$

$$\text{EQUAÇÃO 4: } 2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{FDN} + 63,09\text{EE}$$

$$\text{EQUAÇÃO 5: } 2857,26 - 38,29\text{FB} + 61,02\text{EE}$$

$$\text{EQUAÇÃO 6: } 2822,32 - 22,5\text{FDA} + 65,60\text{EE}$$

$$\text{EQUAÇÃO 7: } 2666,23 + 62,61\text{EE}$$

Para verificar a aplicabilidade das equações citadas, realizou-se análises de correlação (Correlações de Spearman), verificando a correlação existente entre os valores energéticos determinados e os valores energéticos estimados através das equações de predição e a correlação existente entre as equações. As

análises estatísticas foram feitas através do pacote computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – UFV, 1992), considerando como tratamentos:

- T1:** Valores de EMVn dos ensaios metabólicos;
- T2:** Valores de EMVn estimados pela equação 1;
- T3:** Valores de EMVn estimados pela equação 2;
- T4:** Valores de EMVn estimados pela equação 3;
- T5:** Valores de EMVn estimados pela equação 4;
- T6:** Valores de EMVn estimados pela equação 5;
- T7:** Valores de EMVn estimados pela equação 6;
- T8:** Valores de EMVn estimados pela equação 7.

Além das análises de correlação, aplicou-se o teste de agrupamento SCOTT – KNOTT entre os valores de EMVn observados nos ensaios *in vivo* e aqueles encontrados pelas equações. Ainda foram estimados os intervalos de confiança (IC) para as médias dos valores energéticos (EMVn) dos alimentos, obtidos nos ensaios metabólicos. Os valores calculados pelas equações de predição foram então comparados com o IC de cada alimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição centesimal dos alimentos

A composição bromatológica das amostras de soja integral e farelos encontram-se na Tabela 2.1. De forma geral, pode-se notar que não houve variações significantes na composição dos farelos. No entanto, ocorreram algumas variações, como no teor de extrato etéreo desses alimentos, o que era de se esperar, uma vez que esta variável é muito influenciada pelo processo de extração do óleo.

**TABELA 2.1.** Composição nutricional dos farelos de soja, soja integral tostada e soja integral micronizada. (expressos em matéria natural).

Nutrientes	ALIMENTOS <sup>1</sup>						
	F. Soja 1	F. Soja 2	F. Soja 3	F. Soja 4	F. Soja 5	Soja Int.	Soja M.
MS (%)	89,34	90,08	89,18	89,64	90,03	92,72	95,44
PB (%)	46,44	47,38	46,32	48,21	47,57	34,39	43,02
EB(kcal/kg)	4225	4097	4265	4204	4211	5319	5512
EE (%)	2,45	1,19	3,04	2,05	2,72	23,68	22,68
FDN (%)	10,09	10,07	12,85	12,71	11,75	23,48	13,45
FDA (%)	8,19	6,13	9,60	8,47	6,98	14,52	8,63
FB (%)	2,72	3,02	2,11	3,70	4,43	5,82	0,36
ENN (%)	31,58	32,34	32,06	29,79	29,38	24,09	24,54
MM (%)	6,15	6,15	5,65	5,89	5,93	4,74	4,84
Amido (%)	14,80	13,89	9,42	15,46	14,07	9,18	11,17
Ca (%)	0,27	0,29	0,31	0,33	0,33	0,20	0,17
P (%)	0,50	0,54	0,59	0,62	0,63	0,45	0,53
Zn (ppm)	50,20	47,39	46,55	53,81	56,22	44,53	40,55
Cu (ppm)	20,06	18,00	17,31	24,22	25,55	12,53	12,74
Fe (ppm)	152,24	145,22	178,32	147,01	121,31	152,47	65,48

<sup>1</sup> F. soja 1,2,3,4 e 5 – farelos de soja; Soja Int. – soja integral tostada; Soja M. – soja integral micronizada.

Outro ponto relevante nos farelos de soja é seu alto teor de proteína bruta, 47,20% em média, quando comparados, por exemplo, com os resultados apresentados por Rodrigues et al. (2002), 44,62% em média. Esses valores estão coerentes uma vez que a fibra bruta dos farelos do presente trabalho foi 40,3% menor que aquelas encontradas por estes autores, e sabe-se que quanto menor o teor de proteína bruta dos farelos de soja, maior a adição de casca nos mesmos, aumentando, assim, o teor de fibra bruta.

Observaram-se algumas variações na composição química e em minerais dos alimentos quando os valores analisados foram comparados com as tabelas da literatura nacional (Rostagno et al., 2000) e estrangeiras (NRC, 1994; Leeson & Summers, 1997). De acordo com Butolo (2002) e Bath et al. (1999), a composição dos alimentos vegetais varia com regiões geográficas, condições de plantio, fertilidade de solo, variabilidade genética dos cultivares, formas de armazenamento e processamento dos grãos, o que demonstra a necessidade desses valores serem revisados periodicamente.

Quanto aos valores das sojas integrais, pode ser constatado que não houve variação muito grande para as tabelas consultadas, sendo importante observar o baixo nível de fibra bruta da soja micronizada, o que mostra a alta qualidade desse alimento, principalmente para animais não ruminantes. A principal diferença desses alimentos para os farelos de soja é o maior teor de óleo, uma vez que este não foi extraído, o que influencia de forma significativa no valor de energia bruta desses alimentos, ou seja, a média das sojas integrais foi 5416 Kcal de EB /kg de alimento, enquanto a média dos farelos foi 4200 Kcal de EB /kg de alimento. Apesar de as sojas integrais serem nutricionalmente muito ricas, o que normalmente reprime sua utilização é seu alto custo.



### 3.2 Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada)

Os valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) das amostras de soja e subprodutos e seus respectivos desvios-padrão, determinados com galos adultos através da alimentação forçada, estão apresentados na Tabela 2.2. Os valores de EMAn foram 9,5 % superiores aos de EMA e a EMV, 4,3 % superior à EMVn. Este comportamento dos valores energéticos determinados com galos adultos está coerente com aquelas determinações de Rodrigues et al. (2002) e contradizem, quando se avaliam as EMA e EMAn, os resultados de Borges et al. (1999), cujos valores de EMA foram superiores aos de EMAn. A EMVn média foi superior à EMAn em 222 Kcal/kg de MS, demonstrando o efeito das perdas de energia fecal metabólica e urinária endógena sobre os valores de EM.

**TABELA 2.2.** 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 (expressos na matéria seca).

<b>Alimentos</b>	<b>EMA (Kcal/kg)</b>	<b>EMAn (Kcal/kg)</b>	<b>EMV (Kcal/kg)</b>	<b>EMVn<sup>1</sup> (Kcal/kg)</b>
Farelo de Soja 1	2240 ± 100	2452 ± 124	2838 ± 124	2677 ± 129 b
Farelo de Soja 2	2061 ± 90	2308 ± 84	2655 ± 141	2531 ± 97 b
Farelo de Soja 3	2304 ± 79	2502 ± 60	2916 ± 97	2730 ± 60 b
Farelo de Soja 4	2152 ± 128	2364 ± 71	2749 ± 154	2588 ± 73 b
Farelo de Soja 5	2164 ± 164	2433 ± 136	2758 ± 172	2656 ± 149 b
<b>MÉDIA</b>	<b>2184</b>	<b>2412</b>	<b>2783</b>	<b>2636</b>
Soja Int. Tostada	3268 ± 142	3515 ± 140	3845 ± 199	3732 ± 151 a
Soja Int. Micronizada	3513 ± 156	3813 ± 134	4087 ± 175	4027 ± 144 a
<b>MÉDIA</b>	<b>3391</b>	<b>3664</b>	<b>3966</b>	<b>3880</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste de agrupamento de SCOTT-KNOTT.

Os farelos de soja apresentaram valores energéticos semelhantes ( $P>0,05$ ) (2636 Kcal de EMVn/kg de MS, em média). Esse valor foi inferior àqueles apresentados na tabela de Rostagno et al. (2000) e também àqueles apresentados por Rodrigues et al. (2002), 2832 e 2800 Kcal de EMVn/kg de MS, respectivamente.

A EMVn da soja integral tostada (3732 Kcal/kg de MS) também foi inferior aos valores encontrados por Rostagno et al. (2000) em 5,2% (3937 Kcal de EMVn/kg de MS) e 268 Kcal/kg mais baixa que a energia encontrada por Rodrigues et al. (2002). No entanto, mostrou-se bem superior aos valores encontrados na tabela do NRC (1994), 3300 Kcal de EMVn/kg de MS.

Já a EMVn da soja micronizada foi 10,01% inferior àquela descrita na tabela de Rostagno et al. (2000) e 415 Kcal mais baixa que a energia encontrada por Rodrigues et al. (2002). 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 um menor teor de fibra e, possivelmente, maior energia metabolizável, quando comparados aos demais grãos integrais.

Tanto a soja integral micronizada como a tostada possuem valores energéticos significativamente superiores aos dos farelos de soja ( $P<0,05$ ). Este fato ocorre principalmente pelo processamento, uma vez que nas sojas integrais não foi efetuada a retirada do óleo, sendo assim observados valores de extrato etéreo bem superiores aos farelos, o que reflete no maior teor energético.

As variações observadas entre as amostras e a literatura possivelmente estão associadas aos diferentes métodos de processamento a que foram submetidas, e possivelmente a variedades diferentes de soja, o que pode levar a resultados variados, como os relatados no presente trabalho, sugerindo a constante avaliação de alimentos.

A EMVn das amostras de farelo de soja foram estatisticamente iguais ( $P>0,05$ ) pelo teste de agrupamento de médias SCOTT – KNOTT, apesar da diferença de 199 Kcal/kg de MS observada entre a amostra de maior e a de menor valor. O mesmo caso ocorreu entre as duas sojas integrais, que tiveram uma diferença de 292 Kcal/kg de MS e mesmo assim não foram diferentes estatisticamente ( $P>0,05$ ) pelo teste de agrupamento de médias SCOTT – KNOTT.

### 3.3 Valores energéticos estimados por equações de predição

Analisando os alimentos em conjunto, pode-se observar que a equação  $2857,26 - 38,29FB + 61,02EE$  e  $2666,23 + 62,61EE$  se associou significativamente ( $P<0,01$ ) com o valor médio de EMVn determinado no ensaio metabólico, sendo uma correlação positiva (96,43 %). Os resultados das correlações de Spearman se encontram na Tabela 2.3.

**TABELA 2.3.** Correlações de Spearman entre a média dos valores de EMVn determinado (ensaio metabólico) e a média da EMVn estimada (equações de predição)

Variável	Variável <sup>1</sup>	Observações	Correlação	Z	Probabilidade
Ensaio Metabólico	Equação 1*	7	0,7500	1,8371	0,0331
Ensaio Metabólico	Equação 2*	7	0,7500	1,8371	0,0331
Ensaio Metabólico	Equação 3	7	0,6071	1,4872	0,0685
Ensaio Metabólico	Equação 4*	7	0,6786	1,6622	0,0482
Ensaio Metabólico	Equação 5**	7	0,9643	2,3620	0,0091
Ensaio Metabólico	Equação 6**	7	0,9643	2,3620	0,0091
Ensaio Metabólico	Equação 7*	7	0,9286	2,2745	0,0115

<sup>1</sup>Equações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (Rodrigues et al., 2002);

\*\* Correlação significativa ( $P<0,01$ );

\* Correlação significativa ( $P<0,05$ ).

As equações 1, 2, 4 e 7 também tiveram associação significativa ( $P < 0,05$ ) com os valores médios de EMVn determinados no ensaio metabólico, porém com correlações positivas menores: 75; 75; 67,86 e 92,86%, respectivamente.

Além da correlação, realizou-se a comparação entre o valor médio da EMVn obtida *in vivo* e os valores médios de EMVn de cada equação de predição (Tabela 2.4), aplicando-se o teste de agrupamento SCOTT-KNOTT. Esta comparação mostra que não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre o valor energético médio da soja e seus subprodutos, determinados em ensaios metabólicos e aqueles valores estimados através das equações de predição. Por estes resultados pode-se observar que todas as equações avaliadas conseguiram prever com acurácia os valores de EMVn da soja integral e farelos, indicando que pela composição proximal desses alimentos chega-se a valores energéticos similares àqueles observados *in vivo*. Estes resultados estão de acordo com Albino & Silva (1996), que afirmam que as equações de predição são ferramentas importantes para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, uma vez que permitem corrigir os valores energéticos de acordo com a composição química dos alimentos.

Alguns autores, como Sibbald & Price (1977), discordam dessas observações, pois avaliando 30 amostras de trigo e 28 de aveia e comparando valores de energia metabolizável preditos por equações, concluíram que as predições apresentaram pouca precisão e aplicação prática. No entanto, a provável explicação para estes resultados negativos, é que as equações disponíveis naquela época possivelmente não foram determinadas com tamanha precisão como as disponíveis no dias atuais, uma vez que esta precisão depende principalmente de análises precisas e de recursos computacionais com alta capacidade para que, desta forma, sejam estimadas equações com altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

**TABELA 2.4.** Comparação entre os valores médios de EMVn da soja integral e farelos de soja obtidos em ensaio metabólico e por equações de predição (Rodrigues et al., 2002).

Equações	EMVn <sup>1</sup>
<b>ENSAIO METABÓLICO</b>	2992 a
<b>EQUAÇÃO 1:</b> 2090,04 + 43,76PB - 48,60FDA + 47,93FDN + 52,50EE - 170,35MM - 55,69AMIDO	3119 a
<b>EQUAÇÃO 2:</b> 1393,41 + 34,55PB - 46,96FDA + 35,83FDN + 66,90EE - 41,62AMIDO	3184 a
<b>EQUAÇÃO 3:</b> 1251,83 + 27,60PB - 39,84FDA + 21,11FDN + 75,01EE	3200 a
<b>EQUAÇÃO 4:</b> 2690,62 - 40,87FDA + 19,96FDN + 63,09EE	3145 a
<b>EQUAÇÃO 5:</b> 2857,26 - 38,29FB + 61,02EE	3259 a
<b>EQUAÇÃO 6:</b> 2822,32 - 22,5FDA + 65,60EE	3183 a
<b>EQUAÇÃO 7:</b> 2666,23 + 62,61EE	3222 a

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente (P>0,05) pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT.

Outra observação importante é que tanto as equações com maior como aquelas com menor número de variáveis tiveram a mesma capacidade de predizer a EMVn desses alimentos, concordando com Nunes et al. (2001) e Campbell et al. (1986), que relatam que equações com duas a quatro variáveis podem ser utilizadas com maior facilidade por causa da realização de menores números de análises laboratoriais, economizando tempo e custo. Outros autores, como Dolz & De Blas (1992) e Azevedo (1996), também observaram, em seus trabalhos, que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos. Porém, deve-se considerar que aqui se incluem aquelas análises rotineiras, facilmente determinadas, pois, com exceção do amido, todas as outras análises utilizadas nas equações em questão são de rotina no laboratório de nutrição animal.

Por último, foram realizadas comparações entre o valor de EMVn de cada alimento utilizando os intervalos de confiança (IC) da média, determinados a partir das observações obtidas nos ensaios de metabolismo, com os valores médios de EMVn determinados por cada equação, utilizando os valores da composição química de cada alimento. Os valores de EMVn dos alimentos, determinados no ensaio *in vivo*, e seus respectivos intervalos de confiança (IC) estão descritos na Tabela 2.5, bem como os valores estimados pelas equações de Rodrigues et al. (2002). O IC seguiu uma seqüência lógica, mostrando um maior IC para um maior desvio-padrão.

O farelo de soja 3 apresentou o menor IC (106 kcal/kg de MS), enquanto a soja integral micronizada foi o alimento com maior IC (252 kcal/kg de MS). Em média, os alimentos apresentaram um IC de 188 kcal/kg de MS.

**TABELA 2.5.** Valores energéticos determinados, seus respectivos intervalos de confiança (IC), bem como os valores energéticos estimados pelas equações de predição de Rodrigues et al. (2002).

ALIMENTOS <sup>1</sup>							
	F. Soja 1	F. Soja 2	F. Soja 3	F. Soja 4	F. Soja 5	Soja Int.	Soja M.
EMVn <sup>2</sup>	2677	2531	2730	2588	2656	3732	4027
IC	2574 a 2780	2453 a 2609	2678 a 2783	2530 a 2646	2537 a 2775	3611 a 3853	3901 a 4153
Equação 1	2509	2644	3042	2704	2817	4084	<b>4030</b>
Equação 2	<b>2657</b>	2738	2987	2751	2874	4143	<b>4134</b>
Equação 3	<b>2765</b>	2768	2816	2831	2904	4102	4216
Equação 4	<b>2714</b>	2719	<b>2753</b>	2732	2825	4167	<b>4102</b>
Equação 5	2908	2809	2975	2796	2853	4175	4293
Equação 6	2796	2756	2804	2760	2846	4145	4178
Equação 7	2838	2749	2880	2809	2855	4265	<b>4152</b>

<sup>1</sup>Valor energético em negrito está dentro do intervalo de confiança;

<sup>2</sup>Valores energéticos obtidos no ensaio "*in vivo*", expressos em kcal/kg de MS; Equações 1 a 7 – Rodrigues et al. (2002).

Como pode ser observado, nenhuma das equações estudadas estimou todos os valores de EMVn dos alimentos. A equação 5 ( $2857,26 - 38,29\text{FB} + 61,02\text{EE}$ ) e a equação 6 ( $2822,32 + 22,5\text{FDA} + 65,60\text{EE}$ ) não estimaram nenhum valor energético dentro do IC calculado, apesar de apresentarem uma alta correlação de Spearman (96,43%). Já as equações 1 ( $2090,04 + 43,76\text{PB} - 48,60\text{FDA} + 47,93\text{FDN} + 52,50\text{EE} - 170,35\text{MM} - 55,69\text{AMIDO}$ ) e 7 ( $2666,23 + 62,61\text{EE}$ ), ou seja, aquela com maior e com menor número de variáveis, respectivamente, estimaram apenas a EMVn de um alimento cada. Por outro lado, a equação 4 ( $2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{FDN} + 63,09\text{EE}$ ) foi a que estimou maior número de EMVn dentro do intervalo de confiança, ou seja, em três dos 7 alimentos avaliados, seguida pela equação 2 ( $1393,41 + 34,55\text{PB} - 46,96\text{FDA} + 35,83\text{FDN} + 66,90\text{EE} - 41,62\text{AMIDO}$ ), que conseguiu estimar a EMVn de dois alimentos avaliados. De certa forma estes valores estão coerentes, pois segundo Rodrigues et al. (2002), das variáveis componentes das equações definidas, o EE teve uma correlação positiva alta (88,55 e 88,37 %) e a FDN, apesar de mais baixa (17,88 e 17,33%), também mostrou se correlacionar positivamente com a EMVn.

Os resultados encontrados se mostraram muito heterogêneos, sendo, portanto, difícil concluir qual dos nutrientes mais influenciou na estimativa da EMVn. No entanto, o que se pode constatar com os resultados é que apenas as equações com três ou mais nutrientes conseguiram estimar valores de EMVn dentro do intervalo de confiança. As equações 2, 3 e 4 estimaram valores de EMVn dentro do IC para farelo de soja 1 e as equações 1, 2, 4 e 7 estimaram valores de EMVn para a soja integral micronizada.

## 4 CONCLUSÕES

O valor energético (EMVn) médio dos farelos de soja foi de 2636 Kcal/kg de MS.

Os valores energéticos (EMVn) da soja integral tostada e micronizada foram 3732 e 4027 Kcal/kg de MS, respectivamente.

As equações de predição propostas por Rodrigues et al. (2002) para estimar a EMVn não fizeram boas estimativas.

A equação  $2690,62 - 40,87\text{FDA} + 19,96\text{FDN} + 63,09\text{EE}$  foi a que estimou maior número de EMVn dentro do intervalo de confiança aplicado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

BATH, D.; DUNBAR, J.; KING, J.; BERRY, S.; OLBRICH, S. Byproducts and unusual feedstuffs. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 7-8, July 1999.

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

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal.** Campinas, 2002. 430 p.

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

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

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

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

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

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

LESSON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial poultry nutrition**. 2. ed. Guelph, Ontário: University Books, 1997. 350 p.

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. 11 p. (Research Report, 7).

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Swine**. 3. ed. Washington: National Academy Press, 1998. 189 p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

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

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

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

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

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitaria, 1990. 165 p.

### **CAPÍTULO III**

#### **ENERGIA METABOLIZÁVEL VERDADEIRA DE ALGUNS ALIMENTOS, DETERMINADOS COM GALOS ADULTOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

## RESUMO

OST, Paulo Roberto. Energia metabolizável verdadeira de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição. In: \_\_\_\_\_. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2003. p.74-106. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Foram conduzidos dois ensaios de metabolismo com o objetivo de determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do sorgo, milheto, milho e subprodutos, perfazendo um total de 14 alimentos. No primeiro foram avaliados o sorgo (moído e em grãos), o milheto (moído e em grãos), o farelo de glúten 60, o gérmen e a quirera de milho. No segundo, avaliou-se sete híbridos de milho. A partir desses resultados foram validadas equações para predizer a EMVn em função da composição química dos alimentos. Nos dois experimentos, foi utilizado o método da alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa, utilizando-se, em cada experimento, 24 galos Leghorn adultos, com peso médio de  $2310 \pm 183$  g e  $2385 \pm 133$  g respectivamente, para os dois trabalhos. Nos experimentos, cada galo constituiu uma unidade experimental e cada alimento foi fornecido a 6 galos (6 repetições), sendo duas repetições no tempo. Simultaneamente foram mantidos 6 galos em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Antes do período experimental, os galos foram mantidos sem alimento por 24 horas para esvaziamento do trato digestório e então forçados a ingerir 30 gramas do alimento teste. A partir daí, foram realizadas quatro coletas de excretas, de 12 em 12 horas, para evitar fermentação. Ao final deste período, os alimentos, e também as excretas, foram homogeneizados para análise de matéria seca, nitrogênio e energia bruta e então calculados os valores de energia. Após o cálculo dos valores de EMVn, estes foram contrastados com valores de EMVn estimados a partir de equações de predição descritas na literatura nacional, para grupos de alimentos semelhantes aos do presente trabalho. O milheto e o sorgo (em grãos e moídos) apresentaram EMVn semelhantes: 3764 e 3759;3714 e 3739 Kcal/kg de MS, respectivamente; já o farelo de glúten, a quirera e o gérmen de milho apresentaram valores de EMVn de 4120, 3521 e 3730 Kcal/kg

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

de MS, respectivamente; a EMVn dos híbridos de milho variou de 3722 a 3952 Kcal/kg de MS. Para o milheto, sorgo e subprodutos de milho, as equações que melhor estimaram a EMVn foram  $4485,13 - 34,20\text{FDN} - 83,83\text{MM}$  e  $5283,87 - 10,46\text{PB} - 127,51\text{FB} + 27,62\text{EE} - 171,63\text{MM} - 14,07\text{AMIDO}$ ; já para o híbridos de milho, apenas a equação  $4234,28 - 27,58\text{FDN} + 50,18\text{EE} - 107,54 \text{MM}$  estimou de forma eficiente os valores de EMVn.

## ABSTRACT

OST, Paulo Roberto. True metabolizable energy of some feeds determine with adult roosters and by prediction equations. **In: \_\_\_\_ True metabolizable energy an digestible aminoacids of some feeds for birds determined with adult roosters by prediction equations.** Lavras: UFLA, 2003. p.74-106. (Thesis - Doctorate).<sup>1</sup>

Two metabolism trials were conducted with the purpose of determining the values of apparent metabolizable (EMA), corrected apparent (EMAn), true (EMV) and corrected true (EMVn) energy of sorghum, millet, corn and by products amounting to a total of 14 feeds. In the first, sorghum (ground and in grains), millet (ground and in grains), gluten meal 60, corn gérmen and quirera were evaluated. In the second, seven corn hybrids were evaluated. From those results, equations for predicting EMVn as related with the chemical composition of the feeds were validated. In the two experiments, the forced feeding method also known as the precise feeding was utilized, employing in each experiment, 24 adult Leghorn roosters, averaging  $2310 \pm 183$  g and  $2385 \pm 133$  g, respectively for the two works. In the experiments, each rooster became an experimental unit and each feed was given to 6 roosters (6 replicates), two replicates being in time. Simultaneously, 6 roosters were maintained in fasting for determination of the endogenous and metabolic losses. Before the experimental period, the roosters were maintained with no feed for 24 hours for emptying the digestive tract and then forced to ingest 30 grams of the test feed. For that reason, four excreta collection were performed every 12 hours to avoid fermentation. T the final of this period, the feeds and also the excreta were homogenized for analysis of dry matter, nitrogen and gross energy and then the values of energy calculated. After the calculation of the value of EMVn, these were contrasted with values of EMVn estimated from the prediction equations reported in the national literature for groups of feeds similar to hose of the present work. Millet and sorghum (in grains and ground) presented similar EMVns:3764 and 3759; 3714 and 3739 Kcal/kg of DM, respectively; however, gluten meal, quirera and corn germen presented values of EMVn of 4120, 3521 and 3730 Kcal/kg de MS, respectively; the EMVn of the corn hybrids ranged of 3722 to 3952 Kcal/kg of DM. For millet, sorghum and corn by-products, the equations which best estimated EMVn were  $4485.13 - 34.20\text{NDF} - 83,83\text{MM}$

---

<sup>1</sup> Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Adviser); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani - UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas - UFLA.

and  $5283,87 - 10.46CP - 127.51CF + 27.62EE - 171.63MM - 14.07STARCH$ ;  
but for the corn hybrids, only the equation  $4234.28 - 27.58FDN + 50.18EE - 107.54 MM$  estimated efficiently the values of EMVn.



## 1 INTRODUÇÃO

A avicultura é uma atividade dinâmica, que incorpora todas as mudanças tecnológicas que visam melhorias na produtividade do setor. O uso rotineiro de novas tecnologias na alimentação das aves está diretamente relacionado com a disponibilidade de dados de exigência dos animais e também com os valores nutritivos dos alimentos usados nas formulações para diferentes categorias de aves.

A formulação de ração consistem na mistura de vários ingredientes, com o objetivo de atender, adequadamente, às exigências nutricionais dos animais, em cada fase de criação, para que os mesmos possam expressar todo o seu potencial genético de desempenho. A fim de que haja maior precisão na formulação e no balanceamento das rações, e ainda torná-las mais econômicas, torna-se necessário conhecer a composição nutricional e os respectivos valores energéticos dos alimentos, bem como suas limitações.

Um dos aspectos mais importantes para se obter sucesso em um programa de alimentação é o fornecimento de energia em quantidade adequada. A relação entre necessidade energética e consumo é a base mais importante na formulação prática de rações para animais monogástricos, uma vez que a relação nutriente-energia é predeterminada, o consumo de alimentos pode ser regulado, sendo a efetividade desse método de formulação determinada pela precisão dos valores de EM (Sibbald & Price, 1980).

A energia presente nos alimentos é um produto resultante da transformação dos nutrientes durante o metabolismo, sendo um dos fatores mais importantes a ser considerado na nutrição animal. É consenso entre os nutricionistas que a energia é um dos fatores mais importantes, sendo utilizada nos mais diferentes processos, que envolvem desde a manutenção das aves até o

máximo potencial produtivo (Fischer Jr. et al., 1998). De acordo com o National Research Council (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. (1992), para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos fundamentais é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as aves.

Devido às dificuldades de se determinar EM dos alimentos, a utilização de tabelas e/ou equações de predição pode ser alternativa para a essa determinação. As equações de predição utilizam parâmetros químicos e algumas vezes físicos dos alimentos e podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos valores energéticos; conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada quando a composição química dos alimentos tem grande variabilidade (Albino & Silva, 1996).

O milho é ainda a principal fonte energética nas rações brasileiras, no entanto, fontes como o sorgo e o milheto são muito utilizados em substituição ao milho, principalmente em períodos de escassez desse alimento ou quando o preço for favorável aos substitutos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do milheto e do sorgo moídos e em grãos, diferentes híbridos de milho e subprodutos deste alimento, através do método de alimentação da forçada com galos adultos e, posteriormente, a partir dos resultados experimentais obtidos, validar equações propostas para predizer a EMVn em função da composição química, encontradas na literatura.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados dois ensaios biológicos para determinação dos valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) de 14 alimentos, adquiridos em empresas comerciais, sendo sete híbridos de milho, farelo de glúten 60, gérmen de milho, quirera de milho, sorgo em grãos e moído, milheto em grãos e moído.

Estes experimentos foram conduzidos na sala de metabolismo do DZO da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais, situado a uma altitude de 910 metros, 24 °14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, no período de julho a novembro. A temperatura interna do aviário foi mantida em  $23 \pm 2$  °C.

Os dois ensaios foram idênticos, com exceção dos alimentos. No primeiro trabalhou-se com sorgo, milheto e subprodutos de milho, e no segundo com os sete híbridos de milho.

### **2.1 Determinação dos valores energéticos pelo método da alimentação forçada**

Foi utilizado o método da alimentação forçada, também conhecido como alimentação precisa (Sibbald, 1976), utilizando os mesmos 24 galos Leghorn adultos, com 33 meses de idade no experimento I e 35 meses no experimento II, com peso médio de  $2310 \pm 183$  g e  $2385 \pm 133$  g, respectivamente. Tanto no primeiro quanto no segundo trabalho, cada um dos 7 alimentos descritos foi fornecido a 3 galos em duas repetições no tempo, perfazendo 6 repetições de cada tratamento. Cada galo foi alojado individualmente e constituiu uma unidade experimental. Adotou-se um procedimento para que cada ave não recebesse o mesmo alimento por duas vezes. Simultaneamente, em cada uma das

duas repetições no tempo, foram mantidos em jejum 3 galos, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Foi utilizado um intervalo de 7 dias entre as duas repetições no tempo de cada experimento, para descanso dos galos e recuperação de seu peso, onde os animais receberam uma ração de terminação de frangos de corte. Entre os dois ensaios foi observado um intervalo de 20 dias. O procedimento experimental utilizado foi o mesmo descrito no capítulo II.

As excretas coletadas foram acondicionadas em frascos de vidro com tampas, devidamente pesados e identificados, e então colocadas em congelador (-10°C) até o final do período de coleta. Logo após a última coleta os vidros foram pesados e, por diferença de peso dos vidros vazios, identificado o peso total das excretas. As excretas foram então homogeneizadas e levadas ao laboratório para análise de MS, N e EB, após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas ou até peso constante.

Determinou-se, para cada alimento, os valores 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), conforme as técnicas descritas por Silva (1990), exceto a energia bruta, determinada em bomba calorimétrica. O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por Nelson (1944).

As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA, com exceção do amido que foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos.

Com os dados obtidos, os valores energéticos dos alimentos foram determinados conforme a fórmula de Matterson et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio, de acordo com as fórmulas:

$$EMA = \frac{EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}}{MS \text{ ingerida}}$$

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

BN = Balanço de Nitrogênio = N ingerido - N excretado

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

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

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

## **2.2 Validação de equações de predição dos valores energéticos em função da composição química dos alimentos**

Para que uma equação de predição de conteúdo energético seja assumida como eficaz para prever a energia de amostras futuras, é necessário testar a confiabilidade da estimativa, ou seja, para tornar as equações válidas, é preciso comparar as equações estimadas com valores determinados posteriormente em outros ensaios. Por este motivo, resolveu-se extrair da literatura mais recente, equações de predição de energia de alimentos específicos ou de grupos de alimentos, montar ensaios de metabolismo com alimentos semelhantes a estes e

analisar a composição química dos mesmos e, por fim, aplicar os resultados obtidos às equações propostas pelos autores e verificar se as equações predizem com acurácia os valores energéticos observados nos ensaios de metabolismo.

Na literatura são escassas as equações para energia metabolizável verdadeira e somente nos últimos anos alguns autores propuseram equações que estimam a EMVn. Rodrigues et al. (2001) trabalharam com 11 alimentos, sendo milho e subprodutos. Os referidos autores estimaram equações para predizer a energia metabolizável verdadeira deste grupo de alimentos a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, obtendo bons ajustes. As equações com duas a quatro variáveis fizeram boas predições dos valores energéticos do grupo do milho e subprodutos, explicando mais de 94% das variações nos valores de EMVn, sendo algumas destas utilizadas para validação no presente trabalho, além de uma equação com cinco e outras com seis variáveis.

As equações utilizadas foram as seguintes:

$$\text{EQUAÇÃO 1: } 4187,17 - 59,69\text{PB} + 203,81\text{FDA} - 54,71\text{FDN} + 117,61\text{EE} - 107,7\text{MM}$$

$$\text{EQUAÇÃO 2: } 4234,28 - 27,58\text{FDN} + 50,18\text{EE} - 107,54 \text{ MM}$$

$$\text{EQUAÇÃO 3: } 4485,13 - 34,20\text{FDN} - 83,83\text{MM}$$

$$\text{EQUAÇÃO 4: } 3981,79 + 67,88\text{EE} - 213,56\text{MM}$$

$$\text{EQUAÇÃO 5: } 5283,87 - 10,46\text{PB} - 127,51\text{FB} + 27,62\text{EE} - 171,63\text{MM} - 14,07\text{AMIDO}$$

$$\text{EQUAÇÃO 6: } 5970,97 - 16,98\text{PB} - 134,31\text{FB} - 189,47\text{MM} - 20,75\text{AMIDO}$$

Com o objetivo de verificar a aplicabilidade das equações citadas, realizou-se análises de correlação (Correlações de Spearman), verificando a correlação existente entre os valores energéticos determinados e os valores energéticos estimados através das equações de predição e a correlação existente entre as equações. As análises estatísticas foram feitas através do pacote computacional SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – UFV, 1992), considerando como tratamentos:

- T1:** Valores de EMVn dos ensaios metabólicos;
- T2:** Valores de EMVn estimados pela equação 1;
- T3:** Valores de EMVn estimados pela equação 2;
- T4:** Valores de EMVn estimados pela equação 3;
- T5:** Valores de EMVn estimados pela equação 4;
- T6:** Valores de EMVn estimados pela equação 5;
- T7:** Valores de EMVn estimados pela equação 6.

Além das análises de correlação, aplicou-se o teste de agrupamento SCOTT – KNOTT entre os valores médios de EMVn observados nos ensaios *in vivo* e aqueles encontrados pelas equações. Além disso, foram estimados os intervalos de confiança (IC) para as médias dos valores energéticos (EMVn) dos alimentos, obtidos nos ensaios metabólicos. Os valores calculados pelas equações de predição foram então comparados com o IC de cada alimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição centesimal dos alimentos

A composição centesimal dos 14 alimentos testados encontra-se nas Tabelas 3.1 e 3.2. Os alimentos apresentaram diferentes valores em suas composições químicas quando comparados às tabelas brasileiras (Embrapa, 1991; Rostagno et al., 2000) e à composição química dos alimentos avaliados por Rodrigues et al. (2001), as quais geraram as equações de predição avaliadas. Essas diferenças, porém, eram esperadas, já que a fertilidade do solo, clima, genética, armazenamento e processamento, principalmente no caso de subprodutos, são fatores que interferem na composição química dos alimentos (Albino & Silva, 1996; Butolo, 2002).

**TABELA 3.1.** Composição química do milheto, sorgo e subprodutos do milho (expressos na matéria natural).

Nutrientes	ALIMENTOS <sup>1</sup>						
	Glúten	Milheto M	Milheto G	Sorgo M.	Sorgo G.	Gérmen	Quirera
MS (%)	91,92	88,71	88,71	88,90	88,90	89,59	89,52
PB (%)	65,67	14,23	14,23	10,73	10,73	10,77	8,46
EB(kcal/kg)	5210	4063	4063	3921	3921	4318	3942
EE (%)	3,54	5,70	5,70	3,78	3,78	10,90	4,50
FDN (%)	14,15	16,26	16,26	14,20	14,20	18,50	16,99
FDA (%)	5,23	5,15	5,15	5,73	5,73	4,99	4,67
FB (%)	1,10	1,64	1,64	1,59	1,59	3,65	3,81
ENN (%)	20,35	65,37	65,37	71,45	71,45	61,31	71,07
MM (%)	1,26	1,77	1,77	1,36	1,36	2,97	1,68
Amido (%)	15,40	60,80	60,80	43,97	43,97	52,81	57,78
Ca (%)	0,04	0,053	0,053	0,054	0,054	0,078	0,071
P (%)	0,43	0,17	0,17	0,31	0,31	0,17	0,13
Zn (ppm)	22,34	37,01	37,01	14,03	14,03	32,42	17,63
Cu (ppm)	17,09	15,46	15,46	7,15	7,15	12,02	8,08
Fe (ppm)	127,58	111,50	111,50	98,80	98,80	65,88	208,70

<sup>1</sup> Glúten – Farelo de glúten 60; Milheto M. – milheto moído; Milheto G. – milheto em grão; Sorgo M. – sorgo moído; Sorgo G. – sorgo em grão; Gérmen – farelo de gérmen de milho; Quirera – quirera de milho.



**TABELA 3.2.** Composição química dos híbridos de milho (expressos na matéria natural).

Nutrientes	ALIMENTOS (Híbridos de milho – HB)						
	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4	HB-5	HB-6	HB-7
MS (%)	86,46	86,57	87,21	86,76	87,82	87,50	86,89
PB (%)	6,10	8,22	8,85	7,52	9,64	7,22	6,68
EB(kcal/kg)	3888	3933	3984	3945	3991	3895	3860
EE (%)	4,36	4,53	4,05	4,50	4,77	4,28	3,78
FDN (%)	14,28	15,56	14,77	15,90	14,31	14,68	14,13
FDA (%)	3,62	3,84	3,33	3,52	3,49	3,48	3,43
FB (%)	1,82	1,25	2,14	1,44	1,51	1,35	1,19
ENN (%)	72,81	71,24	71,02	72,02	70,55	73,28	74,15
MM (%)	1,37	1,32	1,15	1,28	1,34	1,38	1,08
Amido (%)	74,17	65,30	68,00	72,65	69,48	64,12	63,66
Ca (%)	0,037	0,033	0,034	0,031	0,042	0,048	0,046
P (%)	0,14	0,13	0,13	0,16	0,18	0,15	0,12
Zn (ppm)	13,84	14,32	14,88	13,61	15,47	12,47	13,75
Cu (ppm)	6,33	7,22	6,5	7,31	10,31	5,52	8,91
Fe (ppm)	38,61	42,81	38,88	30,23	34,04	29,58	39,51

O milho apresentou níveis superiores de PB, EB e EE quando comparado ao milho. Estes teores foram, em média, 80,2; 1,5 e 29,4%, respectivamente, superiores aos do milho. Rodrigues et al. (2001) encontraram diferenças de 41,6; 2,5 e 116,0% para os mesmos teores, respectivamente. Entretanto, em trabalhos realizados por Rostagno et al. (2000), a EB do milho foi 1,0% superior à EB do milho, sendo a PB e o EE do milho 37,9 e 18,5% superiores às do milho. Essas diferenças na composição química, encontradas nas diversas literaturas, apontam para a necessidade de ser avaliado

constantemente o valor nutricional dos diversos alimentos. Além disso, mostram a importância da utilização de equações de predição de valores energéticos, uma vez que uma das principais utilidades desse método é a correção dos valores energéticos, de acordo com a composição química dos alimentos, aumentando, assim, a precisão no processo de formulação de rações.

Por outro lado, estes resultados apontam o milheto como um excelente alimento alternativo ao milho na alimentação animal, sendo o aspecto econômico sua maior limitação (Butolo, 2002). O milheto apresentou um menor teor de amido e um teor de FB maior que o milho. Resultado similar foi observado por Rodrigues et al. (2001) e Rostagno, et al. (2000).

O sorgo também se mostrou um alimento alternativo de grande interesse por apresentar uma composição semelhante à do milho. O seu teor de proteína bruta foi 35,5% superior ao do milho, no entanto, os teores de extrato etéreo e amido do milho foram 16,9 e 57,8% maiores, respectivamente, aos teores do sorgo. Na tabela elaborada por Rostagno et al. (2000), essas comparações se mostram bem diferentes; a PB sorgo foi 3,1% superior à do milho, enquanto o EE e o amido do milho foram 22,2 e 3,7%, respectivamente, superiores aos teores do sorgo. É importante salientar as possíveis limitações geradas pela presença de tanino (Butolo, 2002).

Dos alimentos analisados, o farelo de gérmen apresentou a maior energia bruta, possivelmente por apresentar também o maior teor de extrato etéreo. Além disso, este alimento foi superior em quase todos os nutrientes analisados quando comparado ao milho, com exceção do amido, o mesmo sendo observado por Rodrigues et al. (2001). No entanto, o teor de fibra bruta foi 139% superior ao teor médio de fibra dos híbridos utilizados. Quando comparados aos resultados encontrados na literatura (Janssen, 1989; Rostagno et al., 2000; Rodrigues et al., 2001), apresentou diferenças em todos os nutrientes analisados,

o que nos mostra a influência dos diferentes métodos de processamento dos subprodutos, podendo alterar sua composição (Albino et al., 1992; Bath et al., 1999, citado por Rodrigues et al., 2001).

A composição química do farelo de quirera de milho foi semelhante à do milho, podendo ser um alimento alternativo de interesse em termos nutricionais; porém, este é um alimento de composição muito variável, pois se trata de um subproduto cujo processamento não é muito definido, sendo específico da empresa que o produz.

Está apresentada na tabela 2 a composição química dos híbridos de milho avaliados. Estes alimentos apresentaram diferenças, quando comparados entre si, em quase todos os nutrientes estudados (6,1 a 9,6%PB; 3,8 a 4,8%EE; 3860 a 3991 Kcal de EB/kg; 1,2 a 2,1%FB; 63,7 a 74,2% amido), estando de acordo com Soto-Salanova et al. (1996), que relatam diferenças nos teores de proteína, óleo e amido, ressaltando as possíveis variações relacionadas a solos, climas e material genético (Albino & Silva, 1996), o que novamente indica a necessidade de os valores nutricionais dos alimentos serem constantemente revistos e também do uso das equações de predição de energia, para corrigir os valores nutricionais dos alimentos.

### **3.2 Valores energéticos determinados com galos adultos (alimentação forçada)**

Os valores energéticos (EMA, EMAn, EMV e EMVn) das amostras de milheto, sorgo e subprodutos de milho, e seus respectivos desvios-padrão, determinados com galos adultos através da alimentação forçada, estão apresentados na Tabela 3.3. Os valores de EMAn foram 8,8 % superiores aos de EMA e a EMV, 3,3% superior à EMVn. Este comportamento dos valores energéticos determinados com galos adultos está coerente com aquelas

determinações de Rodrigues et al. (2001) e contradizem, quando se avaliam as EMA e EMAn, os resultados de Borges et al. (1999), cujos valores de EMA foram superiores aos de EMAn. A EMVn média foi superior à EMAn em 231 Kcal/kg de MS, demonstrando o efeito das perdas de energia fecal metabólica e urinária endógena sobre os valores de EM.

**TABELA 3.3.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do sorgo, subprodutos do milho e do milheto, determinados com galos adultos, pelo método da alimentação forçada e seus respectivos desvios-padrão (expressos na matéria seca).

<b>Alimentos</b>	<b>EMA (Kcal/kg)</b>	<b>EMAn (Kcal/kg)</b>	<b>EMV (Kcal/kg)</b>	<b>EMVn (Kcal/kg)</b>
Farelo Glúten 60	3577 ± 51	3900 ± 125	4234 ± 115	4120 ± 127 a
Milheto Grão	3247 ± 118	3531 ± 101	3925 ± 145	3764 ± 101 b
Milheto Moído	3112 ± 187	3527 ± 90	3788 ± 257	3759 ± 89 b
Gérmen de Milho	3216 ± 110	3504 ± 100	3856 ± 54	3730 ± 96 b
Sorgo Grão	3206 ± 134	3474 ± 110	3903 ± 48	3714 ± 106 b
Sorgo Moído	3254 ± 80	3507 ± 88	3930 ± 64	3739 ± 83 b
Quirera de Milho	2942 ± 56	3292 ± 57	3626 ± 111	3521 ± 54 c
<b>MÉDIA</b>	<b>3222</b>	<b>3533</b>	<b>3894</b>	<b>3764</b>

<sup>1</sup> Médias seguidas letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT.

O milheto, o sorgo e o gérmen de milho apresentaram valores de EMVn estatisticamente semelhantes (P<0,05) pelo teste de agrupamento de médias SCOTT – KNOTT (3741 Kcal de EMVn/kg de MS, em média). O valor médio da EMVn das amostras de milheto (3761 Kcal/kg de MS) foi superior aos

valores encontrados por Rodrigues et al. (2001) e semelhante aos valores encontrados na tabela de Rostagno et al. (2000), 3357 e 3762 Kcal de EMVn/kg de MS, respectivamente.

Apesar do milheto possuir teores de nutrientes, como PB, EE e EB superiores aos do milho, a EMVn do milheto foi em média 93 kcal/kg de MS menor que a do milho (Tabela 3.4). Possivelmente, esta pequena diferença está associada à digestibilidade dos nutrientes, influenciada negativamente pelo teor de fibra presente neste alimento, como observado também por Borges et al. (1999).

**TABELA 3.4.** Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMAn), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn) do milho, determinados com galos adultos, pelo método da alimentação forçada e seus respectivos desvios-padrão (expressos na matéria seca).

<b>Alimentos</b>	<b>EMA (Kcal/kg)</b>	<b>EMAn (Kcal/kg)</b>	<b>EMV (Kcal/kg)</b>	<b>EMVn (Kcal/kg)</b>
Milho (HIB 1)	3276 ± 115	3603 ± 99	3866 ± 111	3835 ± 123 a
Milho (HIB 2)	3348 ± 78	3646 ± 77	3930 ± 77	3884 ± 99 a
Milho (HIB 3)	3388 ± 171	3713 ± 70	3974 ± 179	3952 ± 51 a
Milho (HIB 4)	3293 ± 105	3606 ± 59	3875 ± 94	3843 ± 98 a
Milho (HIB 5)	3385 ± 118	3696 ± 67	3966 ± 120	3933 ± 74 a
Milho (HIB 6)	3208 ± 120	3528 ± 89	3790 ± 123	3765 ± 101 b
Milho (HIB 7)	3200 ± 99	3491 ± 102	3786 ± 103	3722 ± 108 b
<b>MÉDIA</b>	<b>3300</b>	<b>3612</b>	<b>3884</b>	<b>3848</b>

1/Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (P>0,05) pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT.

O sorgo teve um valor médio da EMVn de 3727 Kcal/kg de MS. Este valor foi 154 Kcal/kg de MS inferior ao do NRC (1994) e 580 Kcal/kg de MS inferior aos valores encontrados na tabela de Rostagno et al. (2000). Por estes valores de EMVn, aliados a mais alta proteína e extrato etéreo, o sorgo também se mostra um ótimo substituto ao milho, com a ressalva de que este alimento tem quantidade reduzida de pigmentos naturais, muito importantes para aves.

O farelo de glúten 60 teve um valor energético (4120 Kcal/kg de MS) significativamente superior ( $P < 0,05$ ) aos demais alimentos testados. Quando comparado aos valores da literatura nota-se resultados um pouco inferior, 4271, 4234 e 4248 Kcal/kg de MS, observados por Rostagno et al. (2000), NRC (1994) e Rodrigues et al. (2001), respectivamente.

De todos os alimentos avaliados, a quirera de milho teve a menor EMVn, sendo significativamente inferior aos demais alimentos avaliados ( $P < 0,05$ ) e inferior ainda aos híbridos de milho. Porém, este é um alimento de composição muito variável, pois se trata de um subproduto cujo processamento não é muito definido, sendo específico da empresa que o produz.

As EMVn das amostras de híbridos de milho (tabela 4) foram estatisticamente iguais ( $P > 0,05$ ) pelo teste de agrupamento de médias SCOTT – KNOTT (3889 Kcal/kg de MS), com exceção dos híbridos 6 e 7, que apresentaram um menor valor energético (3743 Kcal/kg de MS). Essas diferenças no valor energético de alguns híbridos de milho, aliada a diferenças na composição bromatológica, evidenciam que os híbridos mais modernos de milho são cada vez mais diferentes entre si, o que mostra a necessidade da avaliação constante, tanto dos valores bromatológicos quanto energéticos (Soto-Salanova et al. 1996).

O valor médio de EMVn dos híbridos de milho (3848 Kcal/kg de MS) foi semelhante aos valores encontrados no NRC (1994) e Rodrigues et al. (2001) e apenas 2,8% inferior aqueles encontrados na tabela de Rostagno et al. (2000).

Estas variações observadas entre as amostras e literatura, além das características das próprias espécies (sorgo e milho, por exemplo), possivelmente estão associadas aos diferentes processamentos a que foram submetidas e também a próprios híbridos diferentes de milho, o que pode levar a resultados variados, como os relatados no presente trabalho.

### **3.3 Valores energéticos estimados pelas equações de predição**

#### **3.3.1 Sorgo, milho e subprodutos de milho**

Analisando os alimentos em conjunto, somente a equação  $4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,7MM$  se associou significativamente ( $P < 0,05$ ) com o valor médio de EMVn determinado no ensaio metabólico, sendo uma correlação negativa (70,92 %). Os resultados das correlações de Spearman se encontram na Tabela 3.5.

**TABELA 3.5.** Correlações de Spearman entre a média dos valores de EMVn determinado (ensaio metabólico) com a média da EMVn estimada pelas equações de predição.

Variável	Variável <sup>1</sup>	Observações	Correlação	Z	Probabilidade
Ensaio Metabólico	Equação 1*	7	-0,7092	-1,7372	0,0412
Ensaio Metabólico	Equação 2	7	0,3819	0,9354	0,1748
Ensaio Metabólico	Equação 3	7	0,4910	1,2027	0,1146
Ensaio Metabólico	Equação 4	7	0,4910	1,2027	0,1146
Ensaio Metabólico	Equação 5	7	0,2728	0,6682	0,2520
Ensaio Metabólico	Equação 6	7	0,2000	0,4900	0,3121

<sup>1</sup> Equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Rodrigues et al., 2001);

\* Correlação significativa (P<0,05).

Além da correlação, realizou-se a comparação entre o valor médio da EMVn obtida *in vivo* com os valores médios de EMVn de cada equação de predição (Tabela 3.6), aplicando-se o teste de agrupamento SCOTT-KNOTT. Esta comparação mostra que não houve diferença significativa (P>0,05) entre os valores energéticos médios do sorgo, milho e subprodutos de milho em ensaios metabólicos e aqueles valores estimados através de equações de predição. Por estes resultados, pode-se observar que as equações avaliadas são capazes de predizer com certa eficiência os valores de EMVn desses alimentos. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de Albino & Silva (1996) de que as equações de predição são ferramentas importantes para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, uma vez que permitem corrigir os valores energéticos, de acordo com a composição química dos alimentos.



**TABELA 3.6.** Comparação entre os valores médios de EMVn do milheto, sorgo e subprodutos do milho obtidos pelo ensaio metabólico e por equações de predição (Rodrigues et al., 2001).

<b>Equações</b>	<b>EMVn<sup>1</sup></b>
<b>ENSAIO METABÓLICO</b>	3764 a
<b>EQUAÇÃO 1:</b> 4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,7MM	4004 a
<b>EQUAÇÃO 2:</b> 4234,28 - 27,58FDN + 50,18EE - 107,54 MM	3886 a
<b>EQUAÇÃO 3:</b> 4485,13 - 34,20FDN - 83,83MM	3766 a
<b>EQUAÇÃO 4:</b> 3981,79 + 67,88EE - 213,56MM	3978 a
<b>EQUAÇÃO 5:</b> 5283,87 - 10,46PB - 127,51FB + 27,62EE - 171,63MM -14,07AMIDO	3832 a
<b>EQUAÇÃO 6:</b> 5970,97 - 16,98PB - 134,31FB - 189,47MM - 20,75AMIDO	3803 a

1/Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (P<0,05) pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT.

Por outro lado, alguns autores como Sibbald & Price (1977) discordam dessa afirmação, indicando que nem sempre as equações predizem com eficiência o valor energético dos alimentos. Estes autores avaliaram 30 amostras de trigo e 28 de aveia e compararam com valores de energia metabolizável preditos por equações, concluindo que as predições apresentaram pouca precisão e aplicação prática. No entanto, a provável explicação para estes resultados negativos, é que as equações disponíveis naquela época possivelmente não foram determinadas com tamanha precisão como as disponíveis nos dias atuais, uma vez que esta precisão depende principalmente de análises laboratoriais precisas e de recursos computacionais com alta capacidade para que, desta forma, sejam estimadas equações com altos coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>).

Outra observação relevante é que tanto as equações com maior como a com menor número de variáveis tiveram a mesma capacidade de prever a EMVn desses alimentos, concordando com Nunes et al. (2001) e Campbell et al. (1986), que relatam equações com duas a quatro variáveis podem ser utilizadas com maior facilidade pelo fato de a realização de menores números de análises laboratoriais economizar tempo e custo. Outros autores como Dolz & De Blas (1992), Azevedo (1996) e Borges et al. (1999), também observaram, em seus trabalhos, que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos.

Quanto menos análises forem feitas para a predição dos valores energéticos, mais viável economicamente ou menor é o custo para a determinação desses valores. Porém, deve-se considerar que aqui se incluem aquelas análises rotineiras, facilmente determinadas, pois com exceção do amido, todas as outras análises utilizadas nas equações em questão são de rotina no laboratório de nutrição animal.

Além da avaliação dos valores de energia médios preditos com aqueles observados *in vivo*, foram realizadas comparações entre o valor de EMVn de cada alimento utilizando, para isso, os intervalos de confiança (IC) da média, determinados a partir das observações obtidas nos ensaios de metabolismo, com os valores de EMVn determinados por cada equação, utilizando os valores da composição química de cada alimento. Os valores de EMVn dos alimentos, determinados no ensaio *in vivo*, e seus respectivos intervalos de confiança (IC) estão descritos na Tabela 3.7, bem como os valores estimados pelas equações de Rodrigues et al. (2001). O IC seguiu uma seqüência lógica, mostrando um maior IC para um maior desvio-padrão.

A quirera de milho apresentou o menor IC (94 kcal/kg de MS), enquanto o farelo de glúten 60 foi o alimento com o maior IC (222 kcal/kg de MS). Em média, os alimentos apresentaram um IC de 165 kcal/kg de MS.

**TABELA 3.7.** Valores energéticos determinados, seus respectivos intervalos de confiança (IC), bem como os valores energéticos estimados pelas equações de predição de Rodrigues et al. (2001).

ALIMENTOS <sup>1</sup>							
	Glúten	Gérmen	Quirera	Milheto grão	Milheto moído	Sorgo grão	Sorgo moído
EMVn <sup>2</sup>	4120	3730	3521	3764	3759	3714	3739
IC	4008 a 4230	3646 a 3814	3474 a 3568	3683 a 3845	3672 a 3846	3629 a 3799	3658 a 3820
Equação 1	3055	4548	4038	3951	3951	4243	4243
Equação 2	<b>4128</b>	3928	3768	3842	<b>3842</b>	3848	3848
Equação 3	<b>4176</b>	3501	<b>3539</b>	<b>3691</b>	<b>3691</b>	3811	<b>3811</b>
Equação 4	3952	4099	3923	3991	3991	3944	3944
Equação 5	<b>4020</b>	3576	<b>3551</b>	<b>3750</b>	<b>3750</b>	4089	4089
Equação 6	3990	3368	<b>3544</b>	3649	3649	4211	4211

<sup>1</sup> Valor energético em negrito está dentro do intervalo de confiança;

<sup>2</sup> Valores energéticos obtidos em ensaio *in vivo* expressos em kcal/kg de MS; EMAn-1 a 6 – equações de Rodrigues et al. (2001);

Como pode ser observado, nenhuma das equações estudadas estimou todos os valores de EMVn dos alimentos. A equação 1 (4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,7MM) e a equação 4 (3981,79 + 67,88EE - 213,56MM) não estimaram nenhum valor energético dentro do IC calculado. Já as equações 6 (5970,97 - 16,98PB - 134,31FB - 189,47MM -

20,75AMIDO) e 2 ( $4234,28 - 27,58\text{FDN} + 50,18\text{EE} - 107,54 \text{MM}$ ) estimaram apenas a EMVn de um e dois alimentos, respectivamente. Deve-se levar em conta que o amido não é uma análise de rotina; portanto, não deve ser considerado em equações de predição. Por outro lado, a equação 3 ( $4485,13 - 34,20\text{FDN} - 83,83\text{MM}$ ) foi a que estimou maior número de EMVn dentro do intervalo de confiança, ou seja, em cinco dos sete alimentos avaliados, seguida pela equação 5 ( $5283,87 - 10,46\text{PB} - 127,51\text{FB} + 27,62\text{EE} - 171,63\text{MM} - 14,07\text{AMIDO}$ ), que conseguiu estimar a EMVn de quatro dos sete alimentos avaliados.

De certa forma, estes valores indicam que equações com somente duas variáveis foram eficientes em prever os valores energéticos, uma vez que a equação 3 foi composta de somente duas variáveis (FDN e MM). Estes resultados estão de acordo com Dolz & De Blas (1992), Azevedo (1996) e Borges et al. (1999), que observaram em seus trabalhos que ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos.

### **3.3.2 Híbridos de milho**

Analisando os alimentos em conjunto, somente a equação  $4187,17 - 59,69\text{PB} + 203,81\text{FDA} - 54,71\text{FDN} + 117,61\text{EE} - 107,7\text{MM}$  se associou significativamente ( $P < 0,05$ ) com o valor médio de EMVn determinado no ensaio metabólico, sendo uma correlação negativa (85,71 %). Os resultados das correlações de Spearman se encontram na Tabela 3.8.

**TABELA 3.8.** Correlações de Spearman entre a média dos valores de EMVn determinados (ensaio metabólico) com a média da EMVn estimada (equações de predição)

Variável	Variável <sup>1</sup>	Observações	Correlação	Z	Probabilidade
Ensaio Metabólico	Equação 1*	7	-0,8571	-2,0996	0,0179
Ensaio Metabólico	Equação 2	7	-0,0357	-0,0875	0,4651
Ensaio Metabólico	Equação 3	7	-0,0714	-0,1750	0,4306
Ensaio Metabólico	Equação 4	7	0,5714	1,3997	0,0808
Ensaio Metabólico	Equação 5	7	-0,5357	-1,3122	0,0947
Ensaio Metabólico	Equação 6	7	-0,4286	-1,0498	0,1469

<sup>1</sup> Equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Rodrigues et al., 2001);

\* Correlação significativa (P<0,05).

As mesmas análises feitas para sorgo, milheto e subprodutos de milho foram efetuadas para os sete híbridos de milho avaliados. Na Tabela 3.9 estão apresentados os valores de EMVn médio do ensaio de metabolismo e aqueles estimados através de equações de predição, para comparação de valores. Por estes resultados pode-se constatar que apenas a equação 2 (4234,28 - 27,58FDN + 50,18EE - 107,54 MM) foi estatisticamente semelhante (P<0,05) ao valor médio de EMVn observado *in vivo*, pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT. Isto indica que somente a equação número 2 conseguiu prever os valores de EMVn desses alimentos, quando utilizados seus valores de composição química.

Uma vez que esta equação é composta somente por três variáveis (FDN, EE e MM), estes resultados concordam com a maior parte dos pesquisadores que trabalharam com equações de predição de energia (Dolz & De Blas, 1992; Azevedo, 1996; Nunes et al., 2001; Borges, 2000; Rodrigues et al., 2001), pois a maioria deles indica que equações com duas, três ou no máximo quatro variáveis predizem com segurança a EMVn dos alimentos. Deve ser notado, ainda, que as

três variáveis que fazem parte dessa equação são de rotina em laboratórios de nutrição animal, o que é um pré-requisito para que uma equação tenha aplicação prática.

**TABELA 3.9.** Comparação entre os valores médios de EMVn dos híbridos de milho obtidos pelo ensaio metabólico e através das equações de Rodrigues et al. (2001).

<b>Equações</b>	<b>EMVn<sup>1</sup></b>
<b>ENSAIO METABÓLICO</b>	3847 b
<b>EQUAÇÃO 1:</b> 4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,7MM	3978 a
<b>EQUAÇÃO 2:</b> 4234,28 - 27,58FDN + 50,18EE - 107,54 MM	3861 b
<b>EQUAÇÃO 3:</b> 4485,13 - 34,20FDN - 83,83MM	3781 c
<b>EQUAÇÃO 4:</b> 3981,79 + 67,88EE - 213,56MM	4006 a
<b>EQUAÇÃO 5:</b> 5283,87 - 10,46PB - 127,51FB + 27,62EE - 171,63MM -14,07AMIDO	3750 c
<b>EQUAÇÃO 6:</b> 5970,97 - 16,98PB - 134,31FB - 189,47MM - 20,75AMIDO	3680 c

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente (P>0,05) pelo teste de agrupamento SCOTT-KNOTT.

Também foram realizadas comparações entre o valor de EMVn de cada alimento, utilizando para isso os intervalos de confiança (IC) da média determinados a partir das observações obtidas nos ensaios de metabolismo (Tabela 3.10), bem como os valores estimados pelas equações de Rodrigues et al. (2001). O IC seguiu uma seqüência lógica, mostrando um maior IC para um maior desvio-padrão, sendo que o híbrido de milho 3 apresentou o menor IC (82 kcal/kg de MS), enquanto o híbrido de milho 1 foi o alimento com o maior IC

(216 kcal/kg de MS). Em média, os alimentos apresentaram um IC de 156 kcal/kg de MS.

**TABELA 3.10.** Valores energéticos determinados, seus respectivos intervalos de confiança (IC), bem como os valores energéticos estimados pelas equações de predição de Rodrigues et al. (2001).

	ALIMENTOS (Híbridos de milho – HB)						
	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4	HB-5	HB-6	HB-7
EMVn <sup>2</sup>	3835	3884	3952	3843	3933	3765	3722
IC	3727 a	3805 a	3911 a	3765 a	3874 a	3684 a	3627 a
	3943	3963	3993	3921	3992	3854	3817
Equação 1	4139	3991	3838	3944	<b>3923</b>	3993	4021
Equação 2	<b>3866</b>	<b>3841</b>	3863	<b>3834</b>	<b>3897</b>	<b>3853</b>	3874
Equação 3	<b>3788</b>	3742	3796	3734	3799	<b>3779</b>	3825
Equação 4	3986	4011	4016	4018	4023	3978	4012
Equação 5	3602	<b>3821</b>	3671	3693	3723	<b>3835</b>	3905
Equação 6	3489	3761	3602	3583	3621	<b>3805</b>	3901

<sup>1</sup> Valores energéticos em negrito estão dentro do intervalo de confiança;

<sup>2</sup> Valores energéticos obtidos em ensaio *in vivo* expressos em Kcal/kg de MS; EMVn: 1 a 7 – equações de Rodrigues et al. (2001).

Pela Tabela 3.10 pode-se constatar que nenhuma das equações estudadas estimaram todos os valores de EMVn dos alimentos, no entanto, verifica-se que a equação 2 ( $4234,28 - 27,58\text{FDN} + 50,18\text{EE} - 107,54\text{MM}$ ) foi a que estimou maior número de valores de EMVn dentro dos IC, ou seja, em cinco dos sete alimentos avaliados. Este resultado mostra uma relação direta com aqueles observados anteriormente (Tabela 3.9), e que apenas os valores energéticos obtidos pela equação 2 foram estatisticamente semelhantes ( $P < 0,05$ ) aos valores

observados *in vivo*, ou seja, somente esta equação foi eficiente na predição dos valores energéticos.

De certa forma estes resultados estão de acordo com a afirmação de Albino & Silva (1996) de que as equações de predição são ferramentas importantes para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, uma vez que permitem corrigir os valores energéticos, de acordo com a composição química dos alimentos.

As demais equações não foram eficientes para predizer os valores de EMVn, uma vez que a equação 4 ( $3981,79 + 67,88EE - 213,56MM$ ) não estimou nenhum valor energético dentro do IC calculado, as equações 1 ( $4187,17 - 59,69PB + 203,81FDA - 54,71FDN + 117,61EE - 107,7MM$ ) e 6 ( $5970,97 - 16,98PB - 134,31FB - 189,47MM - 20,75AMIDO$ ) estimaram apenas a EMVn de um alimento e as equações 3 ( $4485,13 - 34,20FDN - 83,83MM$ ) e 5 ( $5283,87 - 10,46PB - 127,51FB + 27,62EE - 171,63MM - 14,07AMIDO$ ) estimaram a EMVn de dois alimentos.



#### 4 CONCLUSÕES

O milho e o sorgo (em grãos e moídos) apresentaram valores energéticos (EMVn) semelhantes: 3764 e 3759; 3714 e 3739 Kcal/kg de MS, respectivamente.

O farelo de glúten, a quirera e o gérmen de milho apresentaram valores de EMVn de 4120, 3521 e 3730 Kcal/kg de MS, respectivamente.

A EMVn dos híbridos de milho variou de 3722 a 3952 Kcal/kg de MS;

Dois dos sete híbridos de milho apresentaram valores de EMVn diferentes dos demais.

As equações **4485,13 – 34,20FDN - 83,83MM e 5283,87 - 10,46PB – 127,51FB + 27,62EE - 171,63MM -14,07AMIDO**, fizeram melhores predições dos valores energéticos do sorgo, milho e subprodutos do milho.

A equação **4234,28 – 27,58FDN + 50,18EE - 107,54 MM** foi a que melhor estimou os valores de EMVn dos híbridos de milho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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

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

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas, 2002. 430 p.

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

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

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

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. 02, p. 307-313, mar./abr. 1998.

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

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. 11 p. (Research Report, 7).

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

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, p. 375-380, 1944.

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

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, H. A.; TOLEDO, R. S. Digestibilidade de aminoácidos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2001. p. 41-53.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

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

SIBBALD, I. R.; PRICE, K. True metabolizable energy values for poultry of commercial diets measured by bioassay and predicted from chemical data. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 04, p. 808-811, Apr. 1980.

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

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária 1990. 165 p.

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, 1996, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, 1996. p. 71-76.

## **CAPÍTULO IV**

### **AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS VERDADEIROS DE ALGUNS ALIMENTOS PROTÉICOS, DETERMINADOS COM GALOS CECECTOMIZADOS E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

## RESUMO

OST, Paulo Roberto. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alguns alimentos protéicos, determinados com galos cecectomizados e por equações de predição. In: \_\_\_\_\_. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2003. p.107-136. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Foi conduzido um ensaio de metabolismo, com objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e os valores de aminoácidos totais e digestíveis da soja integral tostada, soja integral micronizada e cinco marcas de farelos de soja. Foi utilizado o método de alimentação forçada com galos adultos cecectomizados. A partir dos resultados obtidos, validou-se equações de predição de aminoácidos propostas na literatura nacional e estrangeira. Foram utilizados 24 galos Leghorn adultos, com peso médio de  $2348 \pm 165$  g. Cada galo constituiu uma unidade experimental e cada alimento foi fornecido a 6 galos (6 repetições), sendo duas repetições no tempo. Simultaneamente foram mantidos 6 galos em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Antes do período experimental, cada galo foi mantido sem alimento por 24 horas para esvaziamento do trato digestório e então forçado a ingerir 30 gramas do alimento teste. A partir daí foram realizadas quatro coletas de excretas, de 12 em 12 horas, para evitar fermentação. Ao final deste período, os alimentos e também as excretas, foram homogeneizados para análise de matéria seca, nitrogênio e composição em aminoácidos. Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, foram determinados os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido, e então calculado o conteúdo em aminoácidos digestíveis. Os valores de aminoácidos totais foram aproximadamente 10% inferiores àqueles apresentados pela literatura e os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais desses alimentos foram 91,3 e 90,6%, respectivamente. Dentre os aminoácidos essenciais dos farelos de soja, a isoleucina foi aquele com menor digestibilidade média (86,4%) e a fenilalanina, aquele que teve a maior digestibilidade (86,2%). Os aminoácidos essenciais apresentaram maior coeficiente de digestibilidade verdadeira média que os não

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

essenciais. De uma maneira geral, tanto as equações propostas na literatura nacional, para estimar o conteúdo em aminoácidos, totais e digestíveis de alimentos do grupo da soja, como aquelas propostas pela literatura estrangeira para o farelo de soja não fizeram boas estimativas, não sendo aplicáveis nestas situações.

## ABSTRACT

OST, Paulo Roberto. True digestible aminoacids of whole soybean and of soybean meals determined in cectomized roosters and by prediction equations. **In: \_\_\_\_ True metabolizable energy an digestible aminoacids of some feeds for birds determined with adult roosters by prediction equations.** Lavras: UFLA, 2003. p.107-136. (Thesis - Doctorate).<sup>1</sup>

A metabolism trial was conducted with the objective of determining the true digestibility coefficients of aminoacids and the values of total and digestible aminoacids of toasted whole soybean, micronized whole soybean, and five brands of soybean meals. The forced feeding method was utilized with cectomized adult roosters. From the results obtained, the prediction equations of aminoacids proposed in the national and foreign literature were validated. 24 adult Leghorn roosters , averaging  $2348 \pm 165$  g were utilized. Each rooster became an experimental unit and each feed was given to 6 roosters (6 replicates), two replicates being in time. Simultaneously 6 roosters were maintained in fasting for determination of endogenous and metabolic losses. Before the experimental period, each rooster was kept with no feed for 24 hours for emptying of the digestive tract and then forced to ingest 30 grams of the test feed. For that reason, four excreta collections were performed every 12 hours to avoid fermentation. At the end of this period, the feeds and also the excreta were homogenized for analysis of dry matter, nitrogen and composition in aminoacids. Once known the amount of ingested and excreted aminoacids as well as the endogenous fraction determined with the fasting roosters, the true digestibility coefficients of each aminoacid were determined and then calculated the content in digestible aminoacids. The values of total aminoacids were about 10% poorer than those presented by the literature and the true digestibility coefficients of the essential and non essential aminoacids of those feeds were 91.3 and 90.6%, respectively. Out of the essential aminoacids of soybean meals, isoleucine was the one with poorest average digestibility (86.4%) and phenylalanine the one which presented the highest digestibility (86.2%). Essential aminoacids presented greater true average digestibility coefficient than non essential ones. In general, both the equations proposed in the literature to estimate the content in aminoacids, total and digestible, of feeds of the soybean

---

<sup>1</sup> Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Adviser); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.



group and those proposed by the foreign literature, have not done good estimates, they not being applicable in these situations.

## 1 INTRODUÇÃO

Na formulação prática de rações para aves, as fontes protéicas correspondem à cerca de 25% dos custos, sendo este valor alterado, em função de um possível desbalanceamento de aminoácidos. Este balanceamento deve ser o mais correto possível para que não ocorra falta ou excesso de qualquer aminoácido e para que estas sejam completamente aproveitados. O imbalance pode provocar problemas na absorção e no aproveitamento destes aminoácidos, causando prejuízos ao desempenho das aves e à exploração avícola, na forma de produção, ou aumento de custos (Coon, 1991).

É notória a importância da soja e de seus subprodutos como matéria-prima na formulação de rações no Brasil devido ao seu elevado valor nutritivo. De acordo com Dale (1997), vários estudos vêm sendo realizados visando obter um 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.

Os requisitos dietéticos de proteína são determinados pela habilidade desta em satisfazer os requisitos metabólicos em aminoácidos e nitrogênio. Quanto mais estreita for a relação entre o perfil de aminoácidos suplementados pelo alimento e os requisitos do animal (perfil corporal), maior será o valor biológico do alimento e menor será a porcentagem de proteína requerida na dieta. Isto depende da quantidade e digestibilidade dos aminoácidos presentes em um determinado alimento.

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).

Segundo Rostagno et al. (1995), o conceito de aminoácidos digestíveis é amplamente aceito como uma boa ferramenta para estimar a disponibilidade de aminoácidos e, embora uma grande variedade de métodos de ensaio de digestibilidade de aminoácidos possam ser usados, o mais usual é o ensaio de digestibilidade em galos adultos, referido como metodologia de Sibbald. Esse ensaio pode ser considerado convincente, reprodutível e, quando galos cecectomizados são utilizados, não susceptível a erros provocados por fermentações intestinais.

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 (1998) apresenta uma série de equações lineares que podem ser utilizadas para estimar o conteúdo de aminoácidos dos alimentos em função da composição proximal dos alimentos e, principalmente, da proteína bruta. Trabalhos para prever o conteúdo de aminoácidos digestíveis e validar as equações já propostas são escassos, indicando, portanto, a necessidade de mais trabalhos nessa área.

Portanto, este trabalho teve por objetivo determinar os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e os aminoácidos digestíveis da soja e subprodutos e, a partir dos resultados experimentais obtidos, validar equações que foram desenvolvidas por outros autores, para prever a composição em aminoácidos totais e digestíveis da soja e subprodutos, em função da composição bromatológica dos alimentos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros**

Para determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e os aminoácidos digestíveis verdadeiros da soja e subprodutos foi conduzido um ensaio biológico na sala climatizada do setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais, situado a uma altitude de 910 metros, 24°14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, no período de abril a junho. A temperatura interna do aviário foi mantida a  $23 \pm 2$  °C.

Foi utilizada uma adaptação do método de alimentação forçada, também conhecida como alimentação precisa (Sibbald, 1979), na qual utilizou-se 24 galos Leghorn adultos cecectomizados, com 30 meses de idade e um peso médio de  $2348 \pm 165$  g.

Foram utilizados sete alimentos protéicos à base de soja, adquiridos em empresas comerciais, sendo cinco marcas de farelo de soja encontradas no comércio (denominados farelos de soja 1, 2, 3, 4 e 5), soja integral tostada e soja integral micronizada. Tanto o processamento da soja integral tostada quanto da soja integral micronizada foram descritos no capítulo 2.

O procedimento cirúrgico de cecectomia (extração do ceco) foi efetuado no Hospital Veterinário da UFLA, através de laparotomia abdominal e anestesia local, conforme a metodologia descrita por Pupa et al. (1998). Aproximadamente três meses após cirurgia, os galos já iniciaram a adaptação, para o período experimental.

Cada um dos 7 alimentos descritos foi fornecido a 3 galos, em duas repetições no tempo, perfazendo 6 repetições de cada tratamento. Cada galo foi alojado individualmente e constituiu uma unidade experimental. Adotou-se um procedimento para que cada ave não recebesse o mesmo alimento por duas vezes. Simultaneamente, em cada uma das repetições no tempo, foram mantidos 3 galos em jejum, para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Utilizou-se um intervalo de 7 dias entre as repetições no tempo, para descanso dos galos e recuperação de seu peso, onde os animais receberam uma ração de terminação de frangos de corte, ou seja, de alta densidade nutricional.

Antes do período experimental, os galos foram alojados em gaiolas individuais e passaram por um período de adaptação, onde receberam alimentação em 2 turnos de 1 hora, às 8:00 e 16:00 horas, para que se habituassem a encher o papo rapidamente, promovendo, assim, a dilatação. Essa dilatação é importante para diminuir a ocorrência de regurgitações após a alimentação forçada, durante o período experimental, pois uma vez que o galo regurgite, há perda da repetição.

Após o período de adaptação as aves foram mantidas em jejum por 24 horas com o objetivo de esvaziar o trato digestivo e, então, forçadas a ingerir 30 g do alimento teste, por meio de um funil-sonda introduzido via esôfago até o papo, fornecidos aos galos às 8:00 horas da manhã. Nesse mesmo momento foram colocadas as bandejas coletoras de excretas sob as gaiolas, devidamente revestidas com plásticos, a fim de evitar perdas e facilitar a coleta. A coleta total das excretas foi realizada às 8:00 e 16:00 horas, para evitar fermentações, por um período de 48 horas depois de iniciado o fornecimento dos alimentos, totalizando 4 coletas.

As excretas coletadas foram acondicionadas em frascos de vidro com tampas, devidamente pesados e identificados, e então colocadas em congelador

(-10°C) até o final do período de coleta. Logo após a última coleta, os vidros foram pesados e, por diferença de peso dos vidros vazios, foi identificado o peso total das excretas. Estas foram então homogêneas e levadas ao laboratório para análise de matéria seca e nitrogênio, através das metodologias descritas por Silva (1990), e seu conteúdo de aminoácidos, após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas ou até peso constante. O conteúdo de aminoácidos foi determinado pelo método de hidrólise ácida com utilização da Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA, com exceção do amido, o qual foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos.

Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, determinou-se os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido (CDV<sub>aa</sub>), através da fórmula proposta por Rostagno & Featherston (1977), a qual é apresentada a seguir, e posteriormente foi calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de cada alimento.

$$CDV_{aa} (\%) = \left( \frac{aa \text{ ingerido} - aa \text{ excretado} + aa \text{ da fração endógena}}{aa \text{ ingerido (em gramas)}} \right) \times 100$$

## **2.2 Validação de equações de predição de aminoácidos em função da composição química dos alimentos**

Alguns autores têm desenvolvido equações para predição do conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis em função da composição química dos alimentos. No entanto, para testar a aplicabilidade de tais equações, ou seja, para que elas possam ser utilizadas para prever o conteúdo de aminoácidos de

amostras futuras, é necessário comparar as equações estimadas com valores determinados posteriormente em outros ensaios.

Deste modo foram extraídas, da literatura, equações que objetivam prever o conteúdo em aminoácidos de alimentos específicos ou de grupos de alimentos e montados ensaios de metabolismo com alimentos semelhantes a eles. Foram então analisados a composição química dos mesmos e aplicados os resultados obtidos às equações propostas pelos autores, verificado se estas equações conseguem prever com eficiência os valores em aminoácidos totais e digestíveis observados nos ensaios de metabolismo.

Somente nos últimos anos, alguns autores propuseram equações para previsão do conteúdo de aminoácidos, obtendo bons ajustes, ou seja, estimadas com altos coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Rodrigues et al. (2002), trabalhando com 8 alimentos envolvendo a soja integral e farelos, estimaram equações para prever o conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis deste grupo de alimentos, a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, e obtiveram equações com  $R^2$  superiores a 95% para aminoácidos totais e 93% para aminoácidos digestíveis, utilizando valores de proteína bruta e extrato etéreo. Também o NRC (1998) apresentou equações específicas para o farelo de soja com  $R^2$  superiores a 65%, as quais foram avaliadas no presente trabalho.

As equações propostas por Rodrigues et al. (2002) para aminoácidos totais da soja integral e farelos são as seguintes:

$$\mathbf{LIS} = -0,32161 + 0,06731\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET} = 0,02263 + 0,01323\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET} + \mathbf{CIS} = 0,07894 + 0,02563\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,20930 + 0,03533\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{ARG} = -2,19880 + 0,11509\text{PB} + 0,01702\text{EE}$$

$$\mathbf{ARG2} = -0,39589 + 0,08022\text{PB}$$

Para valores de aminoácidos digestíveis desses alimentos, as equações propostas por estes autores são as seguintes:

$$\mathbf{LIS} = -0,29472 + 0,06319\text{PB}$$

$$\mathbf{MET} = 0,02884 + 0,01228\text{PB}$$

$$\mathbf{MET + CIS} = 0,08974 + 0,02220\text{PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,15813 + 0,03235\text{PB}$$

$$\mathbf{ARG} = -2,7699 + 0,12416\text{PB} + 0,02312\text{EE}$$

$$\mathbf{ARG2} = -0,32129 + 0,07681\text{PB}$$

As equações de predição para aminoácidos totais, específicas para o farelo de soja, propostas pelo NRC (1998) são as seguintes:

$$\mathbf{LIS} = -0,0810 + 0,0644 \text{ PB}$$

$$\mathbf{MET} = 0,0170 + 0,0141 \text{ PB}$$

$$\mathbf{MET + CIS} = 0,1470 + 0,0263 \text{ PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,0810 + 0,0381 \text{ PB}$$

Para verificar a aplicabilidade das equações citadas, ou seja, para determinar a sua validade, os valores estimados pelas equações de predição, tanto para aminoácidos totais como digestíveis, foram comparados com os valores analisados (aminoácidos totais) e com aqueles obtidos em ensaios de metabolismo (aminoácidos digestíveis). Foi verificada, então, a porcentagem de diferença entre os valores estimados e os encontrados no presente trabalho e,



ainda, se os valores estimados se localizaram dentro de uma amplitude considerada aceitável pela literatura para cada aminoácido.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Composição em aminoácidos totais

A composição em aminoácidos essenciais e não essenciais das amostras de farelo de soja 1, 2, 3, 4 e 5 e das sojas integrais (tostada e micronizada), encontram-se apresentada nas Tabelas 4.1 e 4.2, respectivamente, e mostra uma variação em relação aos valores apresentados na literatura, quanto a alguns aminoácidos citados, abaixo ou semelhantes aos valores observados no presente trabalho. Os teores médios de lisina dos farelos de soja, por exemplo, foram 13,31; 11,07; 10,41 e 10,74% inferior aos valores apresentados por Rostagno et al. (2000), Rodrigues et al. (2002), NRC (1994) e Brasil (2000), respectivamente.

**TABELA 4.1.** Conteúdo de aminoácidos essenciais totais da soja e subprodutos (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M+C	TER	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Far. de soja 1	89,34	46,44	2,29	0,48	1,34	1,79	3,16	1,23	1,89	3,05	1,87	1,91	19,99
Far. de soja 2	90,08	47,38	2,60	0,50	1,12	1,70	3,51	1,31	1,86	3,03	1,88	1,89	19,39
Far. de soja 3	89,18	46,32	2,41	0,51	1,24	1,99	3,32	1,34	1,87	3,08	1,87	1,89	19,51
Far. de soja 4	89,64	48,21	2,40	0,51	1,20	1,80	3,50	1,56	1,86	3,07	1,89	1,87	19,66
Far. de soja 5	90,03	47,57	2,34	0,57	1,28	1,69	3,12	1,24	1,86	3,15	1,86	1,89	19,00
Soja int. tostada	92,72	34,39	2,92	0,41	1,20	1,54	3,38	2,25	1,58	3,01	1,91	1,96	20,17
Soja micronizada	95,44	43,02	2,30	0,51	0,98	1,59	2,28	1,00	1,99	2,68	2,01	1,96	17,31

1/ 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),

AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 4.2.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais totais da soja e subprodutos (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>							
	CIS	ALA	ASP	GLU	GLI	SER	TIR	AANE
Farelo de soja 1	0,86	2,14	4,24	6,36	1,73	2,05	1,74	20,33
Farelo de soja 2	0,62	2,07	4,39	6,52	1,89	2,02	1,47	18,98
Farelo de soja 3	0,72	2,06	4,17	6,37	1,89	1,99	1,98	19,20
Farelo de soja 4	0,69	1,99	4,28	5,54	1,98	1,95	1,84	18,27
Farelo de soja 5	0,71	2,06	3,78	7,06	1,97	1,94	1,68	19,20
Soja int.tostada	0,79	2,03	4,46	5,40	1,61	2,18	1,88	18,35
Soja micronizada	0,47	1,53	3,33	7,36	2,18	1,64	1,57	18,09

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

As médias de lisina das amostras de soja integral (tostada e micronizada) diferiram quando comparadas aos valores de Rhône Poulenc (1993), NRC (1994), Fischer Jr. (1997), e 11,88 e 14,18% superiores àqueles descritos por Rodrigues et al. (2002) e Rostagno et al. (2000), respectivamente. No entanto, os presentes valores se mostraram muito semelhantes àqueles descritos nas Normas e Padrões de Nutrição e Alimentação Animal (Brasil, 2000). Observando a soja micronizada individualmente, nota-se que os valores do presente trabalho foram muito semelhantes àqueles descritos por Rodrigues et al. (2002) e Rostagno et al. (2000). Já a maior diferença foi apresentada pela soja tostada.

Desta forma, nota-se que não só a lisina, mas também os demais aminoácidos essenciais variam 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 nutricional dos alimentos é

influenciada pela variação nos solos e climas em que são cultivados, pelas variedades e pelo processamento a que são submetidos.

De modo geral pode-se notar que os valores de aminoácidos essenciais e não essenciais totais dos alimentos estudados foram sensivelmente menores (aproximadamente 10%) do que aqueles encontrados na maioria das literaturas consultadas (Rhône Poulenc, 1993; NRC, 1994; Fischer Jr., 1997; Rodrigues et al., 2002; Rostagno et al. 2000; Brasil, 2000). Isso indica a possível influência das variedades de soja recentemente utilizadas ou o próprio processamento destes cereais. Por outro lado, não pode ser descartada a hipótese de que a própria metodologia utilizada para análise laboratorial pode ter subestimado os valores de aminoácidos dos alimentos, uma vez que esta, por ser muito precisa e minuciosa, é também muito sensível a qualquer fonte de variação externa.

### **3.2 Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros**

Os coeficientes médios de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais são apresentados nas Tabelas 4.3 e .44, respectivamente. Nas cinco marcas comerciais de farelo de soja estudados, os aminoácidos essenciais treonina, arginina, histidina, isoleucina e valina tiveram os coeficientes médios de digestibilidade verdadeira inferiores a 90%. Já dentre os aminoácidos não essenciais, apenas a alanina e o ácido aspártico tiveram digestibilidade verdadeira menor que 90%. Dentre os aminoácidos essenciais dos farelos de soja, a isoleucina foi aquele que teve menor digestibilidade média (86,4%), e dentre os aminoácidos não essenciais, a alanina apresentou o menor coeficiente de digestibilidade médio (86,2%).

**TABELA 4.3.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais da soja e subprodutos, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>										
	LIS	MET	M + C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Farelo de soja 1	95,9	97,0	96,1	89,9	85,7	86,9	86,9	91,1	93,8	92,6	91,6
Farelo de soja 2	90,2	94,3	93,3	85,2	89,1	89,9	87,3	91,9	94,7	84,8	90,1
Farelo de soja 3	93,0	90,1	92,3	88,1	89,5	89,6	86,4	92,0	95,5	87,5	90,4
Farelo de soja 4	94,2	95,7	97,1	87,4	92,6	88,5	84,6	91,2	97,0	82,4	91,1
Farelo de soja 5	91,7	96,9	94,7	89,7	90,7	92,9	86,9	93,7	96,4	90,2	92,4
Soja int. tostada	90,5	96,5	97,0	90,1	87,1	86,1	89,2	89,3	90,1	90,1	90,8
Soja micronizada	88,6	94,7	96,8	87,3	90,0	91,4	91,0	93,4	97,9	87,7	91,9

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

**TABELA 4.4.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não essenciais da soja e subprodutos, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Farelo de soja 1	95,1	81,0	89,1	91,7	91,8	91,7	89,1
Farelo de soja 2	92,3	88,0	89,7	90,6	87,9	90,1	89,9
Farelo de soja 3	94,6	86,2	89,1	91,1	90,1	89,4	89,9
Farelo de soja 4	98,5	85,9	88,5	90,2	90,6	86,1	90,1
Farelo de soja 5	92,5	90,0	89,2	91,8	90,1	89,7	90,7
Soja int.tostada	97,4	92,8	95,8	90,7	91,7	89,9	92,6
Soja micronizada	98,9	82,7	90,5	95,2	89,9	95,0	92,3

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

Ainda com relação aos farelos, a fenilalanina foi o aminoácido essencial que obteve o maior coeficiente de digestibilidade médio (95,5%) e a cistina, o aminoácido não essencial com maior digestibilidade (94,6%). Este alto coeficiente de digestibilidade da cistina não está de acordo com os resultados obtidos por Pupa (1995), Fischer Jr. et al. (1998) e Rodrigues et al. (2002).

Ao ser contrastada a digestibilidade média dos aminoácidos essenciais com a dos aminoácidos não essenciais, nota-se uma sutil superioridade dos aminoácidos essenciais sobre os não essenciais, o que pode indicar um mecanismo do organismo das aves para o melhor aproveitamento dos aminoácidos dieteticamente indispensáveis.

Quando se comparam os coeficientes de digestibilidade dos farelos de soja, obtidos no presente trabalho, com a literatura, pode-se observar uma variabilidade na maioria dos aminoácidos avaliados (Albino et al., 1992; Degussa, 1993; Rhône Poulenc, 1993; Pupa, 1995; Fischer Jr. et al., 1998; Rostagno, 2000; Rodrigues et al., 2002), semelhante ao observado para a composição em aminoácidos totais, indicando a possível influência do processamento dos farelos sobre estes valores.

Estas variações observadas com relação à literatura, e mesmo entre os alimentos do presente trabalho, estão certamente associadas ao processamento de calor ao qual estes alimentos são submetidos. Uma 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 & Dale, 1990).

O coeficiente médio de digestibilidade verdadeira da lisina dos farelos de soja no presente ensaio foi semelhante aos valores encontrados por Rodrigues et al. (2002) e, em média, 2,15; 5,4 e 1,47% superior aos resultados obtidos por Rostagno (2000), NRC (1994) e Bellaver 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.

Observando cada aminoácido individualmente, constata-se que a maioria deles tem digestibilidade semelhante dentro de todos os alimentos, inclusive nas sojas integrais. Alguns aminoácidos, no entanto, fogem à regra, como por exemplo, a isoleucina, a fenilalanina, o ácido glutâmico, a glicina e a tirosina, que apresentaram maior digestibilidade para a soja integral micronizada. Este fato possivelmente ocorre devido ao tipo de processamento que este alimento sofreu, principalmente pela ação do calor.

As variações observadas nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos entre os alimentos evidenciam a grande importância de se conhecer a digestibilidade desses nutrientes, para a formulação de rações, para que se possa obter o máximo desempenho das aves. Este fator é intensificado quando se trabalha com alimentos alternativos ao milho e ao farelo de soja, como, por exemplo, as sojas integrais.

O coeficiente de digestibilidade verdadeiro médio dos aminoácidos essenciais dos sete alimentos teste foi 91,14%. Este valor nos indica a grande vantagem de se formular rações com base em aminoácidos digestíveis ao invés de aminoácidos totais, pois no presente experimento, em torno de 9% dos aminoácidos essenciais não foram absorvidos.

A partir dos coeficientes de digestibilidade determinados para cada aminoácido no ensaio biológico, calculou-se o conteúdo de aminoácidos digestíveis dos alimentos, os quais estão apresentadas nas Tabelas 4.5 (essenciais) e 4.6 (não essenciais). Estes valores são de grande utilidade, uma vez que, conforme Rostagno et al. (2001), já é realidade que, nas formulações,

os valores de aminoácidos devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis.

**TABELA 4.5.** Conteúdo de aminoácidos essenciais digestíveis da soja e subprodutos (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Farelo de soja 1	89,3	46,4	2,20	0,47	1,29	1,61	2,71	1,07	1,64	2,78	1,75	1,77	18,31
Farelo de soja 2	90,0	47,3	2,35	0,47	1,04	1,45	3,13	1,18	1,62	2,78	1,78	1,60	17,47
Farelo de soja 3	89,1	46,3	2,24	0,46	1,14	1,75	2,97	1,20	1,62	2,83	1,79	1,65	17,64
Farelo de soja 4	89,6	48,2	2,26	0,49	1,17	1,57	3,24	1,38	1,57	2,80	1,83	1,54	17,91
Farelo de soja 5	90,0	47,5	2,15	0,55	1,21	1,52	2,83	1,15	1,62	2,95	1,79	1,70	17,56
Soja int. tostada	92,7	34,3	2,64	0,40	1,16	1,39	2,94	1,94	1,41	2,69	1,72	1,77	14,66
Soja micronizada	95,4	43,0	2,04	0,48	0,95	1,39	2,05	0,91	1,81	2,50	1,97	1,72	15,91

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 4.6.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais digestíveis da soja e subprodutos (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Farelo de soja 1	0,82	1,73	3,78	5,83	1,88	1,60	18,11
Farelo de soja 2	0,57	1,82	3,94	5,91	1,78	1,32	17,06
Farelo de soja 3	0,68	1,78	3,72	5,80	1,79	1,77	17,26
Farelo de soja 4	0,68	1,71	3,79	5,00	1,77	1,58	16,46
Farelo de soja 5	0,66	1,85	3,37	6,48	1,75	1,51	17,41
Soja int. tostada	0,77	1,88	4,27	4,90	2,00	1,69	16,99
Soja micronizada	0,46	1,27	3,01	7,01	1,47	1,49	16,70

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

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



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. Rações formuladas à base de aminoácidos digestíveis proporcionam melhores desempenhos do que rações formuladas à base de aminoácidos totais (Tankslei & Kanabe, 1984; Rostagno, 1990; Parsons et al., 1995; Scheuermann & Bellaver, 1995).

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 NRC (1994), Fischer Jr. et al. (1998), Brasil (2000), Rodrigues et al. (2002), Rostagno et al. (2000) e Rostagno et al. (2001) para o farelo de soja e entre os valores do presente trabalho e aqueles de Fischer Jr. et al. (1998), Rodrigues et al. (2002) e Rostagno et al. (2000) para as sojas integrais, tanto para aminoácidos 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.

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

Nas Tabelas 4.7 e 4.8 estão apresentados os valores em aminoácidos totais e digestíveis, respectivamente, da soja integral e de amostras de farelos de soja, observados em ensaio de metabolismo, e aqueles estimados pelas equações de predição propostas por Rodrigues et al. (2002). Pode ser observado que, em média, a lisina total (Tabela 4.7) foi estimada em apenas 6,64% superior ao valor

analisado e as estimativas individuais dos aminoácidos de cada alimento foram maiores em 10% quando comparadas aos valores analisados, com exceção do farelo de soja 2 (6,63% superior) e da soja integral tostada (30,8% inferior). Analisando a média da lisina total somente dos farelos de soja, pode-se observar que a estimativa não foi boa. No entanto, quando se compara o valor médio estimado pela equação (3,07%) com o valor de lisina total apresentado por Rodrigues et al. (2002) (3,03%), pode-se notar que a principal diferença pode estar na análise laboratorial dos aminoácidos, indicando, desta forma, a possível aplicação das equações avaliadas. Estes resultados indicam a necessidade de estudos mais aprofundados para indicar a aplicação segura destas equações.

**TABELA 4.7.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina e arginina totais da soja integral e farelos, através de equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2002) (expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo de soja 1	2,56	3,03	0,54	0,68	1,50	1,35	2,00	1,97	3,54	3,57	3,54	3,59
Farelo de soja 2	2,89	3,07	0,56	0,69	1,24	1,37	1,89	1,99	3,90	3,62	3,90	3,65
Farelo de soja 3	2,70	3,02	0,57	0,68	1,39	1,35	2,23	1,96	3,72	3,58	3,72	3,59
Farelo de soja 4	2,68	3,15	0,57	0,70	1,34	1,40	2,01	2,03	3,90	3,77	3,90	3,74
Farelo de soja 5	2,60	3,09	0,63	0,69	1,42	1,38	1,88	2,00	3,47	3,68	3,47	3,66
<b>Média</b>	<b>2,69</b>	<b>3,07</b>	<b>0,57</b>	<b>0,69</b>	<b>1,38</b>	<b>1,37</b>	<b>2,00</b>	<b>1,99</b>	<b>3,71</b>	<b>3,64</b>	<b>3,71</b>	<b>3,65</b>
Soja int.tostada	3,15	2,18	0,44	0,51	1,29	1,03	1,66	1,52	3,65	2,50	3,65	2,58
Soja micronizada	2,41	2,71	0,53	0,62	1,03	1,23	1,67	1,80	2,39	3,39	2,39	3,22
<b>MÉDIA GERAL</b>	<b>2,71</b>	<b>2,89</b>	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>1,32</b>	<b>1,30</b>	<b>1,91</b>	<b>1,90</b>	<b>3,51</b>	<b>3,45</b>	<b>3,51</b>	<b>3,43</b>

1/ Lisina =  $-0,32161 + 0,06731PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); 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 =  $-2,19880 + 0,11509PB + 0,01702EE$  ( $R^2 = 0,98$ ); Arginina2 =  $-0,39589 + 0,08022PB$  ( $R^2 = 0,95$ ).

2/ Conteúdo de aminoácidos essenciais totais obtidos através da análise dos alimentos.

**TABELA 4.8.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET+CIS), treonina e arginina digestíveis da soja integral e farelos, através das equações de predição, em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2002)(expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo de soja 1	2,46	2,85	0,53	0,64	1,44	1,19	1,80	1,77	3,03	3,50	3,03	3,47
Farelo de soja 2	2,61	2,89	0,52	0,65	1,16	1,21	1,61	1,79	3,48	3,55	3,48	3,52
Farelo de soja 3	2,51	2,85	0,52	0,64	1,28	1,19	1,96	1,77	3,33	3,50	3,33	3,48
Farelo de soja 4	2,52	2,96	0,55	0,66	1,31	1,23	1,75	1,83	3,62	3,64	3,62	3,68
Farelo de soja 5	2,39	2,90	0,61	0,65	1,34	1,21	1,69	1,80	3,14	3,57	3,14	3,59
<b>Médias</b>	<b>2,50</b>	<b>2,89</b>	<b>0,55</b>	<b>0,65</b>	<b>1,31</b>	<b>1,21</b>	<b>1,76</b>	<b>1,79</b>	<b>3,32</b>	<b>3,55</b>	<b>3,32</b>	<b>3,55</b>
Soja int.tostada	2,85	2,05	0,43	0,48	1,25	0,91	1,50	1,36	3,17	2,53	3,17	2,43
Soja micronizada	2,14	2,55	0,50	0,58	1,00	1,09	1,46	1,62	2,15	3,14	2,15	3,38
<b>MÈDIA GERAL</b>	<b>2,50</b>	<b>2,72</b>	<b>0,52</b>	<b>0,61</b>	<b>1,25</b>	<b>1,15</b>	<b>1,68</b>	<b>1,71</b>	<b>3,13</b>	<b>3,35</b>	<b>3,13</b>	<b>3,36</b>

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 =  $-2,7699 + 0,12416PB + 0,02312EE$  ( $R^2 = 0,95$ );

Arginina2 =  $-0,32129 + 0,07681PB$  ( $R^2 = 0,96$ ).

2/ Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* com galos adultos cecectomizados.

A metionina total foi estimada em 18% superior ao valor analisado e a arginina, pelas duas equações propostas, foi estimada em 2% inferior ao valor analisado, estando, portanto, dentro da faixa recomendada pela literatura mais recente para os subprodutos da soja, que é de 10% (Goldflus, 2001). Além da arginina, somente a metionina + cistina e a treonina tiveram estimativas mais próximas ao valor analisado, quando se avaliou apenas a média dos alimentos. No entanto, quando se considera cada alimento individualmente, nota-se que para a metionina + cistina as estimativas não foram muito precisas.

Quando se comparam os valores dos aminoácidos digestíveis (Tabela 4.8), nota-se que as variações aumentam ainda mais, mesmo daqueles aminoácidos que foram estimados com precisão em valores totais. Este fato ocorreu possivelmente em função da variação nos coeficientes de digestibilidade encontrados no presente trabalho e naqueles encontrados por Rodrigues et al. (2002). Portanto, apenas as equações para lisina, metionina + cistina e treonina totais se mostraram eficientes na estimativa dos valores. Vale ressaltar, no entanto, que as equações propostas pelo referido autor foram desenvolvidas para um grupo de alimentos e isto pode, em alguns casos, comprometer os valores estimados para os alimentos individualmente; inclusive, o NRC (1998) ressalta que o ideal é que as equações de predição sejam estimadas para alimentos individuais e com altos coeficientes de determinação, para que possam estimar valores aceitáveis de aminoácidos.

Na Tabela 4.9 são apresentados os valores de aminoácidos totais analisados e estimados a partir de equações propostas pelo NRC (1998) para o farelo de soja e nota-se que de forma geral, estas equações se mostraram ainda menos eficientes em predizer os valores de aminoácidos do que aquelas estimadas por Rodrigues et al. (2002), uma vez que as diferenças entre os valores médios analisados e estimados foram de 22; 33; 11,3 e 5%, respectivamente para lisina, metionina, metionina + cistina e treonina, ficando, portanto, somente a treonina dentro da faixa de 10% estipulada por Goldflus (2001). Essas diferenças podem em parte ser explicadas pelos baixos coeficiente de determinação destas equações, que variaram de 65 a 81%, e também pela diferença entre os farelos utilizados para estimar estas equações e aqueles utilizados no presente trabalho, pois é sabido que tanto o clima como o tipo de solo, a região geográfica e as variedades influenciam de forma marcante o valor nutricional dos alimentos. Além disso, outra observação importante é que o fato de se trabalhar com equações específicas para cada alimento não é garantia de

que estas estimem de maneira satisfatória os valores de aminoácidos dos alimentos.

**TABELA 4.9.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS) e treonina totais do farelo de soja, através de equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por NRC (1998) (expressos com base na matéria natural)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo de soja 1	2,29	2,91	0,48	0,67	1,34	1,37	1,79	1,85
Farelo de soja 2	2,60	2,97	0,50	0,69	1,12	1,39	1,70	1,89
Farelo de soja 3	2,41	2,90	0,51	0,67	1,24	1,37	1,99	1,85
Farelo de soja 4	2,40	3,02	0,51	0,70	1,20	1,41	1,80	1,92
Farelo de soja 5	2,34	2,98	0,57	0,69	1,28	1,40	1,69	1,89
<b>Médias</b>	<b>2,41</b>	<b>2,95</b>	<b>0,51</b>	<b>0,68</b>	<b>1,24</b>	<b>1,38</b>	<b>1,79</b>	<b>1,88</b>

1/ Lisina =  $-0,0810 + 0,0644 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,78$ ); Metionina =  $0,0170 + 0,0141 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,65$ ); Metionina + cistina =  $0,1470 + 0,0263 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,60$ ); Treonina =  $0,0810 + 0,0381 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,81$ ).

2/Conteúdo de aminoácidos essenciais totais obtidos através da análise dos alimentos.

É imprescindível, que sempre que forem apresentadas equações de predição, estas sejam acompanhadas de seus respectivos coeficientes de determinação, pois estes dão indicação da precisão com que as equações foram estimadas e sugerem que as equações elaboradas podem ser seguras para estimar o conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis dos alimentos, sendo então de grande utilidade nas formulações de ração para aves.

## 4 CONCLUSÕES

As digestibilidades verdadeiras média dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais foram 91,1 e 90,7%, respectivamente.

Dentre os aminoácidos essenciais do farelo de soja, a isoleucina foi aquele com menor digestibilidade média (86,4%) e a fenilalanina aquele que teve a maior digestibilidade (95,5%).

Com exceção da soja micronizada, a lisina apresentou coeficientes de digestibilidade superiores a 90%.

As equações para arginina, metionina + cistina e treonina totais, apresentadas por Rodrigues et al. (2002), estimaram de maneira satisfatória os valores dos aminoácidos dos alimentos avaliados.

Nenhuma equação proposta pelo NRC (1998) fez boas estimativas dos valores de aminoácidos dos alimentos avaliados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T.; COELHO, M. das G. R.; RUTZ, F.; BRUM, P. A. R. Valores energéticos e de triptofano de alguns alimentos determinados, em aves jovens e adultas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 11/12, p. 13011-1306, nov./dez. 1987.

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

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

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, p. 731-736, maio 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Brasília, 2000. 152 p.

COON, C. N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: TECHNICAL SYMPOSIA, 1991, Aruba. **Proceedings....** Aruba: NOVUS INTERNATIONAL, 1991, p. 11-40.

DALE, N. Formulando com soya sobreprocessada. **Indústria avícola**. Mount Morris, v. 44, n. 3, p. 52-53, mar. 1997.

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

FISCHER JR, A. A. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves.** 1997. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

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. 02, p. 307-313, mar./abr. 1998.

GOLDFLUS, F. Ingredientes derivados do processamento da soja aplicados na nutrição animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, 2001, Campinas. **Anais....** Campinas: CBNA, 2001. p. 97-188.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of swine.** 3 ed. Washington: National Academy of Science, 1998. 189 p.

PARSONS, C. M. Digestible amino acids for poultry and swine. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 59, n. 1/3, p. 147-153, June 1996.

PARSONS, C. M.; FERNANDEZ, S. R.; YE ZANG. Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus digestible amino acid basis. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1168-1179, July 1995.

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

PUPA, J. M. R.; LEÃO, M. I.; CARVALHO, A. U. Cecectomia em galos sob anestesia local e incisão abdominal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 5, p. 531-535, out. 1998

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



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

ROSTAGNO, H. S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 11- 30.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, H. A.; TOLEDO, R. S. Digestibilidade de aminoácidos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 1., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2001. p. 41-53.

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, p. 64-76, jan./fev. 1977.

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, p. 293-299, 1995.

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

SIBBALD, I. R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 668-673, May 1979.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

TANKSLEY, T. D. Jr; KNABE, D. A. In: HARESING, W.; COLE, D. J. A. (Ed.) **Recent advances in animal nutrition**. 1984. p. 75-94.

## **CAPÍTULO V**

**VALORES DE AMINOÁCIDOS TOTAIS E DIGESTÍVEIS  
VERDADEIROS DO MILHETO, DO SORGO E DO MILHO E  
SUBPRODUTOS, DETERMINADOS COM GALOS  
CECECTOMIZADOS E VALIDAÇÃO DE EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO  
DESENVOLVIDAS PARA ESSES ALIMENTOS.**

## RESUMO

OST, Paulo Roberto. Valores de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros do milho, do sorgo e do milho e subprodutos, determinados com galos cecectomizados e validação de equações de predição desenvolvidas para esses alimentos. **In: \_\_\_ Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves, determinados com galos adultos e por equações de predição.** 2004. p.137-181. Tese (Doutorado em Nutrição de Monogástricos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.<sup>1</sup>

Foram conduzidos dois ensaios de metabolismo com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e os valores de aminoácidos totais e digestíveis verdadeiros do sorgo, milho, milho e subprodutos, perfazendo um total de 14 alimentos. No primeiro experimento foram avaliados o sorgo (moído e em grãos), o milho (moído e em grãos), o farelo de glúten 60, o germen e a quirera de milho. No segundo, avaliou-se sete híbridos de milho. A partir desses resultados foram validadas equações para prever a EMVn em função da composição química dos alimentos. Nos dois experimentos foram utilizados o método de alimentação forçada, porém com uma adaptação, utilizando galos adultos cecectomizados. A partir dos resultados de aminoácidos totais e digestíveis, validou-se equações de predição de aminoácidos encontradas na literatura. Em cada experimento foram utilizados 24 galos Leghorn adultos, com peso médio de  $2310 \pm 183$  g e  $2385 \pm 133$  g respectivamente, para os dois trabalhos. Cada galo constituiu uma unidade experimental e cada alimento foi fornecido a 6 galos (6 repetições), sendo duas repetições no tempo. Simultaneamente foram mantidos 6 galos em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas. Antes do período experimental os galos foram mantidos sem alimento por 24 horas para esvaziamento do trato digestório e então forçados a ingerir 30 gramas do alimento teste. Foram realizadas quatro coletas de excretas, de 12 em 12 horas. Ao final deste período, os alimentos e também as excretas, foram homogeneizados para análise de matéria seca, nitrogênio e composição em aminoácidos. Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, foram determinados os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido e então calculado o conteúdo em aminoácidos

---

<sup>1</sup> Comitê Orientador: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Orientador); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA.

digestíveis. Para o sorgo, milho e subprodutos de milho os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais foram 92,39 e 91,72%, respectivamente. O processo de moagem melhorou a digestibilidade média dos aminoácidos do sorgo de 90,5 para 93,2% e do milho, de 93,36 para 94,15%. Os aminoácidos essenciais apresentaram maior digestibilidade que os não essenciais; para este grupo de alimentos, a inclusão de variáveis além da PB nas equações piorou a estimativa dos valores de aminoácidos. Para o milho, somente a metionina e metionina + cistina, e para o sorgo, a treonina, digestíveis, foram bem estimadas pelas equações de predição avaliadas. Para os híbridos de milho, os coeficientes de digestibilidade médios dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais foram 90,65 e 89,80%, respectivamente. Apenas os valores de lisina, metionina + cistina e arginina totais e lisina e treonina digestíveis dos híbridos de milho foram bem estimados pelas equações propostas pela literatura nacional. Já as equações propostas pela literatura estrangeira para o milho, fizeram boas estimativas para lisina, metionina, metionina + cistina e treonina totais, sendo, portanto, adequadas para estimação destes aminoácidos.

## ABSTRACT

OST, Paulo Roberto. Values of true total and digestible aminoacids of millet, sorghum and corn and corn by-products determined with cectomized roosters and validation of prediction equations developed for those feeds. **In: \_\_\_\_ True metabolizable energy an digestible aminoacids of some feeds for birds determined with adult roosters by prediction equations.** Lavras: UFLA, 2003. p.137-181. (Thesis - Doctorate).<sup>1</sup>

Two metabolism trials were conducted with the objective of determining the digestibility coefficients of aminoacids and the values of true total and digestible aminoacids of sorghum, millet, corn and corn by-products, amounting to a total of 14 feeds. In the first experiment, sorghum (ground and in grains), millet (ground and in grains), gluten meal 60, corn germen and quirera were evaluated. In the second, seven corn hybrids were evaluated. From those results, equations to predict EMVn as related with the chemical composition of the feeds were validated. In thee two experiments were utilized the forced feeding method, but with a adaptation, utilizing adult cectomized roosters. From the results of total and digestible aminoacids, prediction equations of aminoacids found in the literature were validated. In each experiment, 24 adult Leghorn roosters averaging  $2310 \pm 183$  g and  $2385 \pm 133$  g respectively were validated for the two works. Each rooster became an experimental unit and each feed was given to 6 roosters (6 replicates), two replicates being in time. Simultaneously, 6 rosters were maintained in fasting for determination of endogenous and metabolic losses. Before the experimental period, the roosters were maintained with no feed for 24 hours for emptying of the digestive tract and then forced to ingest 30 grams of the test feed. Four excreta collections were performed, every 12 hours. At the final of this period, the feeds and also the excreta were homogenized for analysis of dry matter, nitrogen and composition in aminoacids. Once known the amount of ingested and excreted aminoacids as well as the endogenous fraction determined with the fasting roosters, the true digestibility coefficients of each aminoacid were determined and the digestible aminoacid content was, then, calculated. For sorghum, millet and corn by-products, the true digestibility coefficients of essential and non- essential aminoacids were 92.39 and 91.72%, respectively. Grinding process improved the average digestibility of the aminoacids of sorghum from 90.5 to 93.2% and

---

<sup>1</sup> Guidance committee: Prof. Paulo Borges Rodrigues - UFLA (Adviser); Prof. Elias Tadeu Fialho - UFLA; Prof. Antônio Gilberto Bertechini - UFLA; Prof. Édison José Fassani – UNIFENAS; Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas – UFLA

of millet of 93.36 to 94.15%. Essential aminoacids presented higher digestibility than non essential ones, and for this group of feeds and the inclusion of variables in the equation in addition to CP worsened the estimated of values of aminoacids. For millet, only methionine and methionine + cystine, and for sorghum threonine, digestible, were well estimated by the prediction equations evaluated; for the corn hybrids, the average digestibility coefficients of essential aminoacids and of non essential were 90.65 and 89.80%, respectively. Only the values of total lysine, methionine + cystine and arginine and digestible lysine and threonine of corn hybrids were well estimated by the equations proposed by the national literature. However, the equations proposed by the foreign for corn did good estimates for total lysine, methionine, methionine + cystine and threonine, their being, therefore, adequate for estimation of these aminoacids.

## 1 INTRODUÇÃO

Os cálculos de necessidades de nutrientes para as aves e o planejamento das dietas têm sido baseados em tabelas de requisitos, nas quais são expressos tanto as necessidades dos animais como o valor nutritivo dos alimentos. Na nutrição não é importante estimar os requisitos das aves em termos das necessidades metabólicas se não existe informação do valor potencial dos alimentos. Dessa forma, além de avaliar os requisitos de proteína e aminoácidos das aves, é necessário quantificar e qualificar os níveis dos nutrientes nos alimentos, de modo a diminuir os erros nas formulações de dietas (Mejía & Ferreira, 1996).

A maior parte dos aminoácidos ingeridos pelas aves está na forma de proteínas que, ao serem digeridas, liberam os aminoácidos para serem absorvidos. No entanto, a concentração de aminoácidos varia amplamente entre alimentos em função de vários fatores, entre eles a fertilidade do solo, a estação do ano e o processamento do alimento. Assim, o potencial econômico ideal da ração não pode ser alcançado sem que se conheça a disponibilidade dos aminoácidos nos alimentos e as necessidades em aminoácidos disponíveis para aves (Parsons, 1985).

Segundo Bellaver (1996), é grande o número de métodos usados para a determinação da qualidade das proteínas e disponibilidade dos aminoácidos. No que se refere à disponibilidade, o termo tem sido utilizado muitas vezes no sentido de digestibilidade, entretanto eles diferem, sendo disponibilidade definido como a quantidade de aminoácido no alimento que pode ser utilizado biologicamente pela ave e digestibilidade, a quantidade de aminoácidos absorvidos pelo trato digestivo.



De acordo com Engster et al. (1985), diferentes métodos de determinação têm sido utilizados para avaliar os valores de digestibilidade de aminoácidos para aves, incluindo ensaios de crescimento, ensaios químicos e microbiológicos, medição de aminoácidos sanguíneos e experimentos de balanço em que aminoácidos ileais ou fecais são mensurados. Cada um destes trabalhos apresenta méritos e limitações e pode resultar em valores diferentes.

A metodologia de alimentação forçada proposta por Sibbald (1979) é hoje a mais utilizada para determinação dos aminoácidos digestíveis. No entanto, em função da interferência da microflora intestinal nos resultados, por degradação dos aminoácidos ou síntese de compostos nitrogenados que serão excretados, uma alternativa, segundo Crissey & Thomas (1987), é a utilização de galos cecectomizados, uma vez que o ceco é o local de maior atividade microbiana.

Outro método que está se destacando na atualidade são as equações para prever o conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis a partir da composição química proximal baseadas em regressões lineares simples e múltiplas. A maior importância desse método é devido, ao alto custo e a dificuldade das análises de aminoácidos, pois estas necessitam de aparelhos laboratoriais de altíssima precisão, que requerem pessoas treinadas para efetuar as análises.

O milho, apesar de ser a principal fonte energética nas rações brasileiras, contribui com até 30% do valor protéico das dietas de aves. Além do milho, fontes como o sorgo e o milheto que são muito utilizados em substituição ao milho, principalmente em períodos de escassez desse alimento ou quando o preço é favorável aos substitutos, também contribuem muito com o teor de proteína.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e os aminoácidos digestíveis

verdadeiros do milheto e do sorgo, moídos e em grãos, e de diferentes híbridos de milho e subprodutos desse alimento, e a partir dos resultados experimentais validar equações que foram desenvolvidas para estimar a composição em aminoácidos totais e digestíveis em função da composição química dos alimentos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Determinação dos coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros

Foram realizados dois ensaios biológicos para determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos e os aminoácidos digestíveis verdadeiros de 14 alimentos, adquiridos em empresas comerciais, sendo sete híbridos diferentes de milho, farelo de glúten 60, gérmen de milho, quirera de milho, sorgo em grãos e moído, milheto em grãos e moído. Os experimentos foram realizados na sala climatizada do setor de avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras, Minas Gerais, situado a uma altitude de 910 metros, 24 °14' de latitude sul e 45°00' de longitude oeste, no período de julho a novembro. A temperatura interna do aviário foi mantida em  $23 \pm 2$  °C.

Os dois ensaios foram idênticos, com exceção dos alimentos avaliados. No primeiro ensaio, trabalhou-se com sorgo, milheto e subprodutos de milho, e no segundo, com os sete híbridos de milho.

Foi utilizado o método da alimentação forçada com galos cecectomizados, também conhecido como alimentação precisa (Sibbald, 1979), utilizando-se 24 galos Leghorn adultos com 33 meses de idade no experimento I e 35 meses no experimento II, com peso médio de  $2310 \pm 183$  g e  $2385 \pm 133$  g, respectivamente. Entre os dois ensaios foi observado um intervalo de 20 dias. O procedimento experimental já foi descrito no capítulo IV.

As excretas coletadas foram acondicionadas em frascos de vidro com tampas, devidamente pesados e identificados, e então colocadas em congelador (-10°C) até o final do período de coleta. Logo após a última coleta, os vidros

foram pesados e, por diferença de peso dos vidros vazios, foi identificado o peso total das excretas. Estas foram então homogeneizadas e levadas ao laboratório para análise de matéria seca e nitrogênio, através das metodologias descritas por Silva (1990), e seu conteúdo de aminoácidos, foi quantificado após pré-secagem em estufa ventilada a 55°C por um período de 72 horas ou até peso constante. O conteúdo de aminoácidos foi determinado pelo método de hidrólise ácida com utilização da Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC). As análises foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA, com exceção do amido, o qual foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos.

Uma vez conhecida a quantidade de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração endógena determinada com os galos em jejum, determinou-se os coeficientes de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido (CDV<sub>aa</sub>), através da fórmula proposta por Rostagno & Featherston (1977), a qual é apresentada a seguir, e posteriormente foi calculado o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de cada alimento.

$$CDV_{aa} (\%) = \left( \frac{\text{aa ingerido} - \text{aa excretado} + \text{aa da fração endógena}}{\text{aa ingerido (em gramas)}} \right) \times 100$$

## **2.2 Validação de equações de predição de aminoácidos, em função da composição química dos alimentos**

Na literatura são encontradas algumas equações para predição do conteúdo de aminoácidos dos alimentos em função da sua composição bromatológica. Normalmente estas equações são para a predição de aminoácidos totais e, mais raramente, para aminoácidos digestíveis. É sabido que para que

estas equações possam ser utilizadas para predizer o conteúdo em aminoácidos de amostras futuras, é necessário que elas sejam validadas. Esta validação é feita comparando as equações estimadas com valores determinados em outros ensaios de metabolismo. Não são muito comuns equações para aminoácidos, principalmente estimadas com altos coeficientes de determinação. Somente nos últimos anos alguns autores propuseram equações obtendo bons ajustes.

Deste modo, foram retiradas, da literatura, equações que objetivam predizer o conteúdo em aminoácidos de alimentos específicos ou de grupos de alimentos e montados ensaios de metabolismo com alimentos semelhantes a estes. Foi então analisado a composição química dos mesmos e aplicados os resultados obtidos às equações propostas pelos autores, verificado se estas equações conseguem predizer com eficiência os valores em aminoácidos totais e digestíveis observados nos ensaios de metabolismo.

Rodrigues et al. (2001), trabalharam com 9 alimentos à base de milho e subprodutos. Os referidos autores estimaram equações para predizer o conteúdo em aminoácidos totais e digestíveis deste grupo de alimentos, a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, e obtiveram equações com  $R^2$  superiores a 95% para aminoácidos totais e 93% para aminoácidos digestíveis, com valores de proteína bruta e extrato etéreo. Também o NRC (1998) apresentou equações específicas para milho com  $R^2$  superiores a 60%, as quais foram avaliadas no presente trabalho.

As equações propostas por Rodrigues et al. (2001) para aminoácidos totais do milho e subprodutos são as seguintes:

$$\text{LIS} = 3957 + 0,01149\text{PB} - 0,05928\text{FB} + 0,01717\text{EE} + 0,06109\text{MM} + 0,26488 + 0,01198\text{PB}$$

$$\text{MET} = 0,03468 + 0,02023\text{PB} - 0,02273\text{FB} - 0,1315 + 0,02031\text{PB}$$

$$\mathbf{MET + CIS} = 0,07769 + 0,03448\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,05576 + 0,03410\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{ARG} = 0,29523 + 0,02302\mathbf{PB} - 0,11684\mathbf{FB} + 0,08659\mathbf{MM} + 0,30805 + 0,02370\mathbf{PB}$$

Para valores de aminoácidos digestíveis desses alimentos, as equações propostas pelos referidos autores são as seguintes:

$$\mathbf{LIS} = 0,21533 + 0,01019\mathbf{PB} - 0,07972\mathbf{FB} + 0,06280\mathbf{MM} + 0,23518 + 0,01067\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET} = 0,03559 + 0,01941\mathbf{PB} - 0,02737\mathbf{FB} - 0,02198 + 0,01951\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET + CIS} = 0,11642 + 0,03131\mathbf{PB} - 0,03268\mathbf{FB} + 0,04767 + 0,03143\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,02236 + 0,03149\mathbf{PB} - 0,01889\mathbf{FB} - 0,01738 + 0,03156\mathbf{PB}$$

$$\mathbf{ARG} = 0,27610 + 0,02247\mathbf{PB} - 0,12254\mathbf{FB} + 0,08766\mathbf{MM} + 0,28013 + 0,02318\mathbf{PB}$$

O NRC (1998) também cita equações de predição para aminoácidos totais específicas para o milho com R<sup>2</sup> acima de 70%:

$$\mathbf{LIS} = 0,079 + 0,0186 \mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET} = 0,033 + 0,017 \mathbf{PB}$$

$$\mathbf{MET + CIS} = 0,11290 + 0,0283 \mathbf{PB}$$

$$\mathbf{TRE} = 0,03 + 0,0326 \mathbf{PB}$$

Para verificar a aplicabilidade das equações citadas, ou seja, para determinar a sua validade, os valores estimados pelas equações de predição, tanto para aminoácidos totais como digestíveis, foram comparados com os

valores analisados (aminoácidos totais) e com aqueles obtidos em ensaios de metabolismo (aminoácidos digestíveis). Foi verificado, então, a porcentagem de diferença entre os valores estimados e os encontrados no presente trabalho e, ainda, se os valores estimados se localizaram dentro de uma amplitude considerada aceitável pela literatura para cada aminoácido.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Milheto, sorgo e subprodutos de milho**

#### **3.1.1 Conteúdo em aminoácidos totais**

A composição do milheto, sorgo e subprodutos de milho em aminoácidos essenciais totais e a soma destes estão apresentadas na Tabela 5.1 e a composição dos aminoácidos não essenciais e sua soma, na Tabela 5.2. Nota-se que amostras de milheto grão e moído praticamente não tiveram diferença entre si para os valores de aminoácidos totais (essenciais e não essenciais), o que era de se esperar, pois a única diferença entre elas é a forma de fornecimento às aves (moído ou inteiro). A pequena diferença observada para o valor de alguns aminoácidos é devida estritamente à análise laboratorial, uma vez que esta, por ser muito minuciosa, pode sofrer pequenas interferências insignificantes. Estas mesmas observações possivelmente explicam as pequenas diferenças encontradas entre alguns aminoácidos do sorgo grão e moído.

Quando se compara o conteúdo de aminoácidos essenciais totais do milheto do presente trabalho com as principais literaturas consultadas (Rhône Poulenc, 1993; Adeola et al., 1994, NRC, 1994; Fischer Jr., 1997; Rodrigues et al., 2001; Rostagno et al., 2000; Brasil, 2000), observa-se que a maioria dos aminoácidos se comporta de forma semelhante, com exceção da treonina e da histidina, que apresentaram teores de mais que o dobro daqueles obtidos por outros autores. Também a soma dos aminoácidos essenciais foi 16 e 18% superior à soma desses aminoácidos, obtida por Rostagno (2000) e Rodrigues et al. (2001), respectivamente. Por outro lado, analisando os aminoácidos não essenciais deste mesmo alimento, nota-se que apenas o ácido aspártico teve



valor significativamente superior à maioria da literatura consultada, já os demais não tiveram grandes diferenças.

**TABELA 5.1.** Conteúdo de aminoácidos essenciais totais do milho, sorgo e subprodutos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Glúten 60	91,92	65,67	1,06	1,49	2,70	2,08	2,00	1,30	2,55	8,15	4,02	2,61	27,95
Milheto Grão	88,71	14,23	0,34	0,27	0,51	0,97	0,59	0,58	0,50	1,35	0,44	0,65	6,18
Milheto Moído	88,71	14,23	0,36	0,27	0,53	0,99	0,56	0,56	0,49	1,28	0,45	0,69	6,39
Gérmen Milho	89,59	10,77	0,52	0,26	0,47	0,35	0,88	0,29	0,33	0,83	0,35	0,43	4,70
Sorgo Grão	88,90	10,73	0,26	0,14	0,31	0,34	0,33	0,24	0,31	0,95	0,40	0,32	3,37
Sorgo Moído	88,90	10,73	0,26	0,15	0,32	0,35	0,35	0,20	0,32	0,92	0,35	0,35	3,48
Quirera Milho	89,52	8,46	0,25	0,19	0,47	0,13	0,19	0,22	0,12	1,20	0,38	0,49	3,64

1/ 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.2.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais totais do milho e do sorgo, moídos e em grãos, e subprodutos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>							
	CIS	ALA	ASP	GLU	GLI	SER	TIR	AANE
Farelo Glúten 60	1,21	4,99	3,60	12,51	1,32	3,87	3,18	30,68
Milheto Grão	0,24	0,74	1,58	1,77	0,53	0,24	0,49	5,82
Milheto Moído	0,26	0,75	1,58	1,78	0,53	0,25	0,48	5,71
Gérmen Milho	0,21	0,63	1,04	1,38	0,42	0,41	0,29	4,39
Sorgo Grão	0,16	0,76	0,59	1,32	0,27	0,36	0,33	3,74
Sorgo Moído	0,17	0,68	0,60	1,10	0,24	0,37	0,31	3,46
Quirera de Milho	0,29	0,27	0,65	1,79	0,56	0,11	0,29	3,96

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

As amostras de sorgo avaliadas apresentaram ligeira variabilidade em relação aos valores descritos por NRC (1994), Fischer Jr. et al. (1998), Rostagno (2000) e Brasil (2000). Esta variação foi maior para os aminoácidos essenciais isoleucina, leucina e valina, e para o aminoácido não essencial, a glicina. A possível explicação para esta variação pode ser devido às diferenças nas condições de solo, cultivo, clima e variedades, os quais podem levar a uma diferença na composição dos alimentos (Bath et al., 1999).

Pelo conteúdo total do conteúdo de aminoácidos do milho e do sorgo, pode-se concluir que tanto um quanto outro podem servir de fonte alternativa ao milho, não se esquecendo, no entanto, de que além da composição química, é imprescindível que se avalie a digestibilidade de cada aminoácido, para detectar a porcentagem do total que pode ser utilizado pelas aves.

No que se refere ao gérmen de milho, a literatura é escassa e, em se tratando de um subproduto, é muito influenciado pelo tipo de processamento. Conforme relatado por Bath et al. (1999), a composição de um alimento pode variar em função do processamento e das formas de obtenção desse alimento, o que torna difícil uma comparação das amostras de gérmen com a literatura. Quando se compara a composição do gérmen com algumas literaturas atuais, observa-se a diferença desde o próprio valor protéico desse alimento. Foram encontrados 10,77% de PB no presente trabalho e 11,08% e 8,96% nos de Brasil (2000) e Rodrigues et al. (2001), respectivamente. O teor de aminoácidos desse alimento também variou consideravelmente em relação às literaturas consultadas. Quando se comparam, por exemplo, os valores de aminoácidos totais do presente trabalho com os resultados apresentados por Rodrigues et al. (2001), observa-se uma superioridade quase constante dos valores do presente trabalho. Isso pode ser em parte explicado pela uma relação direta do conteúdo de aminoácidos, essenciais e não essenciais, com o teor de proteína bruta das

amostras, que é de 10,77% para o presente trabalho e 8,96% para o trabalho de Rodrigues et al. (2001).

A composição aminoacídica do farelo de quirera de milho foi semelhante à do milho, podendo ser um alimento alternativo de interesse; porém, este é um alimento de composição muito variável, pois se trata de um subproduto cujo processamento não é muito bem definido, sendo específico da empresa que o produz.

Por outro lado, o farelo de glúten 60 é um alimento que apresenta bem menos variabilidade na composição de aminoácidos totais quando comparado à literatura consultada (Rhône Poulenc, 1993; Adeola et al. 1994; NRC, 1994; Fischer Jr., 1997; Rodrigues et al., 2001; Rostagno et al., 2000; Brasil, 2000; Rostagno et al., 2001). Essa pouca variabilidade pode ser explicada, em parte, pelo tipo processamento industrial a que este alimento é submetido, sendo este já bem definido e bastante similar entre as empresas que produzem este alimento, o que o torna com uma composição mais homogênea.

Como são vários os fatores que podem influenciar na composição de aminoácidos de um alimento, alguns autores observam resultados que divergem da maior parte da literatura. Quando se analisa a metionina do farelo de glúten 60, por exemplo, observa-se que os resultados do presente trabalho são muito semelhantes àqueles apresentados por Rostagno et al. (2000), 13,4% superiores aos valores apresentados por Rodrigues et al. (2001) e 16,3% inferiores aos valores de Brasil (2000). Vale ainda ressaltar que parte da variação na composição aminoacídica apresentada pelos vários autores pode estar relacionada com a metodologia empregada na análise, uma vez que a metodologia de análise de aminoácidos depende de instrumentos laboratoriais muito sofisticados e bem calibrados.

### 3.1.2 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 pela análise química. No entanto, estas análises não levam em consideração 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 apresentadas nas Tabelas 5.3 e 5.4, respectivamente. De forma geral, quando se compara a literatura consultada, nacional e estrangeira da última década, é possível notar certas variações nos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos de praticamente todos os alimentos testados (Albino et al., 1992; Degussa, 1993; Rhône Poulenc, 1993; NRC, 1994; Fischer Jr et al., 1998; Bellaver et al., 1998; Dale, 1999, Rodrigues et al., 2001; Rostagno et al., 2000; Brasil, 2000; Rostagno et al., 2001).

**TABELA 5.3.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais do milho, sorgo e subprodutos de milho, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>										
	LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Glúten 60	88,3	95,6	95,3	90,0	94,5	91,7	90,6	96,5	97,3	90,1	93,0
Milheto Grão	92,6	93,4	93,6	97,3	95,9	97,9	86,3	94,8	90,4	91,4	93,4
Milheto Moído	98,7	99,0	92,2	98,7	94,0	97,6	89,5	94,4	86,8	90,6	94,1
Gérmen Milho	92,0	88,4	88,1	81,0	94,7	90,4	87,8	87,2	90,8	90,9	89,1
Sorgo Grão	91,7	91,1	89,5	96,8	89,2	89,3	91,2	90,5	90,2	85,5	90,5
Sorgo Moído	96,7	94,8	95,3	92,4	91,6	93,3	95,4	93,4	90,2	88,7	93,2
Quirera Milho	93,3	92,0	93,9	90,5	92,1	97,0	94,9	94,9	89,2	96,7	93,4

1/ 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.4.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não essenciais do milho, sorgo e subprodutos de milho, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Farelo Glúten 60	94,9	94,2	89,4	94,8	91,2	95,3	92,1
Milheto Grão	93,9	94,8	99,4	97,2	87,5	89,4	94,0
Milheto Moído	85,4	94,5	94,7	93,6	89,0	90,4	91,3
Gérmen Milho	87,9	88,5	89,1	93,8	85,2	88,4	88,3
Sorgo Grão	87,9	86,6	90,1	90,3	91,6	86,8	89,3
Sorgo Moído	95,7	94,9	91,9	95,0	90,9	89,6	92,9
Quirera de Milho	95,8	94,8	89,9	96,4	92,9	95,0	94,2

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

São escassas na literatura informações quanto à digestibilidade de aminoácidos para gérmen de milho, quirera de milho e milheto. Quando se comparam os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos (essenciais e não essenciais) encontrados no presente trabalho com aqueles apresentados por Rodrigues et al. (2001), observa-se uma sutil variabilidade, que pode ser explicada principalmente por diferenças entre os híbridos de milho e milheto, além do o gérmen e a quirera de milho serem subprodutos e, portanto, muito influenciados pelo tipo de processamento a que foram expostos. Além disso, até nas próprias análises laboratoriais podem ocorrer em erros que se refletem em diferenças nos resultados.

Dentre os sete alimentos avaliados, todos os aminoácidos essenciais apresentaram os coeficientes médios de digestibilidade verdadeira superiores a 90%, com exceção do gérmen de milho (89,13%); para os aminoácidos não essenciais, também o gérmen de milho foi o único que teve digestibilidade

verdadeira menor que 90% (88,3%). Este fato reforça a idéia de que todos os alimentos avaliados são de alta qualidade, podendo ser utilizados como ingredientes de rações para aves. Dentre os alimentos avaliados, o milho moído foi o que apresentou maior coeficiente médio de digestibilidade verdadeira (94,15%), o que sugere a superioridade deste alimento sobre os demais testados.

A menor digestibilidade do gérmen de milho possivelmente pode estar associada ao maior teor de fibra, quando comparado aos demais alimentos estudados. A fibra pode influenciar nos valores de digestibilidade devido a alterações na excreção endógena dos animais e a alterações na taxa de passagem do bolo alimentar (Parsons, 1984; Coon, 1991).

As variações observadas nos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos entre os alimentos evidenciam a grande importância de se conhecer a digestibilidade desses nutrientes, para a formulação de rações, para que se possa obter o máximo desempenho das aves. Este fator é intensificado quando se trabalha com alimentos alternativos ao milho e o farelo de soja, como por exemplo, o milho, o sorgo, o gérmen e a quirera de milho.

Por outro lado, analisando o valor médio do coeficiente de digestibilidade verdadeira de cada aminoácido, constata-se que todos os aminoácidos essenciais dos alimentos testados apresentaram coeficientes de digestibilidade superiores a 90%; dentre os aminoácidos não essenciais, apenas a serina apresentou o coeficiente de digestibilidade médio abaixo de 90% (89,76%).

Quando se analisa cada aminoácido individualmente, nota-se que a valina foi o aminoácido essencial que obteve o menor coeficiente de digestibilidade médio (90,56%) e a serina, o aminoácido não essencial com menor digestibilidade média (89,76%). Já a histidina foi o aminoácido essencial

com maior coeficiente de digestibilidade (93,89%) e a glutamina, o aminoácido não essencial com maior digestibilidade (94,44%).

Ao ser contrastada a digestibilidade média dos aminoácidos essenciais com a dos aminoácidos não essenciais, nota-se uma sutil superioridade dos aminoácidos essenciais sobre os não essenciais, o que pode indicar um mecanismo do organismo das aves para o melhor aproveitamento dos aminoácidos dieteticamente indispensáveis.

Outro ponto importante que deve ser observado é a forma física do alimento, ou a necessidade ou não do processamento da moagem. Analisando o coeficiente de digestibilidade verdadeiro médio do milho inteiro e moído, bem como do sorgo inteiro e moído, observa-se que nos dois alimentos a digestibilidade dos aminoácidos foi maior quando estes foram moídos. O milho grão apresentou digestibilidade média de 93,36% enquanto o milho moído, de 94,15%. Já o sorgo inteiro e moído, tiveram coeficientes de digestibilidade de 90,5 e 93,18%, respectivamente. Estas diferenças indicam que, mesmo as aves tendo grande capacidade de utilização de alimentos com maior granulometria, o aproveitamento dos aminoácidos é maior quando os alimentos sofrerem moagem.

O coeficiente de digestibilidade verdadeiro médio dos aminoácidos essenciais dos sete alimentos teste foi 92,39%. Este valor nos indica a grande vantagem de se formular rações com base em aminoácidos digestíveis ao invés de aminoácidos totais, pois no presente experimento, em torno de 8% dos aminoácidos essenciais não foram absorvidos.

Nas Tabelas 5.5 e 5.6 estão apresentados os conteúdos de aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, sorgo e subprodutos de milho, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade determinados com galos adultos cecectomizados.

**TABELA 5.5.** Conteúdo de aminoácidos essenciais digestíveis do milho, sorgo e subprodutos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Far. Glúten 60	91,92	65,67	0,94	1,42	2,57	1,87	1,89	1,19	2,31	7,86	3,91	2,35	25,99
Milheto Grão	88,71	14,23	0,31	0,25	0,48	0,94	0,57	0,57	0,43	1,28	0,40	0,59	5,77
Milheto Moído	88,71	14,23	0,36	0,27	0,49	1,09	0,53	0,55	0,44	1,21	0,39	0,63	6,01
Gérmen Milho	89,59	10,77	0,48	0,23	0,41	0,28	0,83	0,26	0,29	0,72	0,32	0,39	4,19
Sorgo Grão	88,90	10,73	0,24	0,13	0,22	0,33	0,29	0,21	0,28	0,71	0,36	0,27	3,05
Sorgo Moído	88,90	10,73	0,25	0,14	0,30	0,32	0,25	0,19	0,31	0,86	0,32	0,31	3,24
Quirera Milho	89,52	8,46	0,23	0,17	0,44	0,12	0,17	0,21	0,11	1,14	0,34	0,47	3,40

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.6.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais digestíveis do milho, sorgo e subprodutos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Farelo Glúten 60	1,15	4,70	3,22	11,86	3,53	3,03	28,26
Milheto Grão	0,23	0,70	1,57	1,72	0,21	0,44	5,47
Milheto Moído	0,22	0,78	1,50	1,67	0,22	0,43	5,21
Gérmen Milho	0,18	0,56	0,93	1,29	0,35	0,26	3,88
Sorgo Grão	0,10	0,66	0,53	1,19	0,33	0,29	3,34
Sorgo Moído	0,16	0,65	0,55	1,05	0,34	0,28	3,21
Quirera de Milho	0,28	0,26	0,58	1,73	0,10	0,28	3,73

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

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



Comparando a Tabela 5.5 (aminoácidos essenciais digestíveis) com seus valores totais (Tabela 5.1), nota-se que os valores de aminoácidos digestíveis foram de 5,24% menores para o milho moído até 10,6% para o gérmen de milho. Desta mesma forma também se comportaram os aminoácidos não essenciais (Tabelas 5.6 e 5.2), tendo diferenças de 3,76% para o milho grão e 10,43% para o sorgo grão.

Estes valores evidenciam que quando se consideram os aminoácidos em função de sua digestibilidade, pode-se garantir o fornecimento adequado destes aos animais. De acordo com Rostagno et al. (2001), já é uma realidade que os valores de aminoácidos dos alimentos devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis, 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. Rostagno et al. (1995) demonstraram que aves alimentadas com rações complexas formuladas com base em aminoácidos digestíveis, apresentaram melhor conversão alimentar, maior ganho de peso e benefício econômico. Douglas & Parsons (1999), avaliando o desempenho de frangos alimentados com dietas contendo 15% de farinha de galinhas de descarte, calculadas com base em aminoácidos totais e digestíveis indicaram a superioridade das rações formuladas com base em aminoácido digestível e concluíram que a inclusão de 15% da farinha não proporcionou efeito negativo ao desempenho das aves, mas que as rações devem conter níveis adequados de aminoácidos digestíveis.

### **3.1.3 Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos**

As estimativas dos conteúdos dos aminoácidos lisina, metionina, metionina + cistina, treonina e arginina totais e digestíveis dos alimentos estudados, preditas através das equações elaboradas por Rodrigues et al. (2001), juntamente com os valores determinados no ensaio biológico, estão apresentadas nas Tabelas 5.7 e 5.8.

Pela Tabela 5.7 observa-se que para os aminoácidos lisina, metionina e arginina, o referido autor estimou duas equações diferentes com  $R^2$  elevado. No entanto, quando se avaliaram estas equações, observou-se que, ao ser incluída outra variável além da Proteína Bruta (lisina<sup>2</sup>, metionina<sup>2</sup> e arginina<sup>2</sup>), a estimativa do valor dos aminoácidos teve menor acurácia. Por exemplo, a equação que estimou a lisina somente utilizando proteína bruta obteve valor estimado apenas 8,3% diferente do analisado; já a equação que incluiu além da proteína bruta, a fibra bruta, o extrato etéreo e a matéria mineral estimou valores 16,6% diferentes do analisado, indicando que a variável que mais tem correlação com os valores dos aminoácidos é, sem dúvida, a proteína bruta, conforme relatado por Rodrigues et al. (2001).

**TABELA 5.7.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina e arginina totais do milho, sorgo e subprodutos de milho, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2001) (expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Lisina2		Metionina		Metionina2		MET+CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs	Est	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Farelo Glúten 60	1,15	1,12	1,15	0,93	1,62	1,44	1,62	1,45	2,94	2,54	2,26	2,49	2,18	2,00	2,18	1,92
Milheto Grão	0,42	0,46	0,42	0,40	0,30	0,31	0,30	0,32	0,60	0,63	1,09	0,60	0,67	0,69	0,67	0,62
Milheto Moído	0,42	0,46	0,42	0,40	0,30	0,31	0,30	0,32	0,60	0,63	1,24	0,60	0,63	0,69	0,63	0,62
Gérmen Milho	0,58	0,41	0,58	0,38	0,29	0,23	0,29	0,19	0,52	0,49	0,39	0,47	0,98	0,59	0,98	0,38
Sorgo Grão	0,29	0,41	0,29	0,30	0,16	0,23	0,16	0,24	0,37	0,49	0,38	0,47	0,37	0,59	0,37	0,50
Sorgo Moído	0,29	0,41	0,29	0,30	0,17	0,23	0,17	0,24	0,36	0,49	0,39	0,47	0,30	0,59	0,30	0,50
Quirera de Milho	0,28	0,38	0,28	0,12	0,21	0,18	0,21	0,13	0,53	0,40	0,15	0,38	0,21	0,53	0,21	0,18
<b>Médias</b>	<b>0,48</b>	<b>0,52</b>	<b>0,48</b>	<b>0,40</b>	<b>0,44</b>	<b>0,42</b>	<b>0,44</b>	<b>0,41</b>	<b>0,83</b>	<b>0,81</b>	<b>0,84</b>	<b>0,78</b>	<b>0,76</b>	<b>0,81</b>	<b>0,76</b>	<b>0,67</b>

1/ Lisina =  $0,26488 + 0,01198PB$  ( $R^2 = 0,83$ ); Lisina2 =  $0,13957 + 0,01149PB - 0,05928FB + 0,01717EE + 0,06109MM$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina =  $-0,01315 + 0,02023PB$  ( $R^2 = 0,98$ ); Metionina2 =  $0,03468 + 0,02023PB - 0,02273FB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina + cistina =  $0,07769 + 0,03448PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Treonina =  $0,05576 + 0,03410PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Arginina =  $0,30805 + 0,02370PB$  ( $R^2 = 0,90$ ); Arginina2 =  $0,29523 + 0,02302PB - 0,11684FB + 0,08659MM$  ( $R^2 = 0,98$ ).

2/Conteúdo de aminoácidos essenciais totais obtidos através da análise dos alimentos.

**TABELA 5.8.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina e arginina digestíveis do milho, sorgo e subprodutos de milho, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2001) (expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Lisina2		Metionina		Metionina2		MET + CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est	Obs.	Est.	Obs.	Est	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est
Far. Glúten60	1,02	1,00	1,02	0,93	1,54	1,37	1,54	1,39	2,80	2,29	2,03	2,24	2,06	1,94	2,06	1,85
Milheto Grão	0,35	0,41	0,35	0,36	0,28	0,29	0,28	0,30	0,54	0,55	1,06	0,49	0,64	0,65	0,64	0,58
Milheto moído	0,41	0,41	0,41	0,36	0,30	0,29	0,30	0,30	0,55	0,55	1,23	0,49	0,60	0,65	0,60	0,58
Gérmen Milho	0,54	0,36	0,54	0,22	0,26	0,21	0,26	0,16	0,46	0,43	0,31	0,36	0,93	0,56	0,93	0,34
Sorgo Grão	0,27	0,36	0,27	0,29	0,15	0,21	0,15	0,22	0,25	0,43	0,37	0,36	0,33	0,56	0,33	0,46
Sorgo Moído	0,28	0,36	0,28	0,29	0,16	0,21	0,16	0,22	0,34	0,43	0,36	0,36	0,28	0,56	0,28	0,46
Quirera de milho	0,26	0,34	0,26	0,09	0,19	0,16	0,19	0,10	0,49	0,34	0,13	0,28	0,19	0,50	0,19	0,13
<b>Médias</b>	<b>0,45</b>	<b>0,46</b>	<b>0,45</b>	<b>0,36</b>	<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	<b>0,41</b>	<b>0,38</b>	<b>0,78</b>	<b>0,72</b>	<b>0,78</b>	<b>0,65</b>	<b>0,72</b>	<b>0,77</b>	<b>0,72</b>	<b>0,63</b>

1/ Lisina =  $0,23518 + 0,01067PB$  ( $R^2 = 0,78$ ); Lisina2 =  $0,21533 + 0,01019PB - 0,07972FB + 0,06280MM$  ( $R^2 = 0,94$ ); Metionina =  $-0,02198 + 0,01951PB$  ( $R^2 = 0,97$ ); Metionina2 =  $0,03559 + 0,01941PB - 0,02737FB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina + cistina =  $0,04767 + 0,03143PB$  ( $R^2 = 0,98$ ); Treonina =  $-0,01738 + 0,03156PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Arginina =  $0,28013 + 0,02318PB$  ( $R^2 = 0,88$ ); Arginina2 =  $0,27610 + 0,02247PB - 0,12254FB + 0,08766MM$  ( $R^2 = 0,97$ ).

2/ Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* com galos adultos cecectomizados.

Quando se compara a média dos valores analisados e dos estimados, nota-se que a metionina e metionina + cistina tiveram médias mais próximas, mas, isoladamente, as estimativas não foram satisfatórias. É importante destacar que, dos alimentos estudados pelo referido autor e para os quais as equações foram indicadas, apenas o farelo de glúten e o gérmen de milho foram avaliados no presente trabalho. Logo, possivelmente os resultados aqui obtidos não estejam coerentes devido a este fato. De maneira geral, para os alimentos do presente trabalho, as equações não foram aplicáveis, cujas estimativas em aminoácidos totais não se assemelharam muito àquelas determinadas.

Quanto ao conteúdo em aminoácidos digestíveis (Tabela 5.8), nota-se comportamento semelhante às estimativas dos aminoácidos totais, podendo-se concluir que as equações propostas por Rodrigues et al. (2001) não foram aplicáveis nas condições do presente trabalho. Apesar de os referidos autores terem trabalhado com alimentos do grupo do milho e, no presente trabalho, as equações foram aplicadas para o milheto e o sorgo, nota-se que, no caso da metionina e metionina + cistina do milheto e da treonina digestível do sorgo, independentemente da moagem ou não, houve boas estimativas, possivelmente devido a estes alimentos apresentarem composição semelhante à do milho.

Também para os aminoácidos digestíveis pode-se notar que as equações com mais de uma variável na composição (lisina<sup>2</sup>, metionina<sup>2</sup> e arginina<sup>2</sup>) diminuíram a acurácia da estimativa, indicando que a variável que mais se correlaciona com os aminoácidos é a proteína bruta.

Deve ser enfatizado ainda ao fato de que mesmo as equações de predição para aminoácidos totais e digestíveis de Rodrigues et al. (2001) terem sido estimadas com altos coeficientes de determinação, estas fizeram boas estimativas de apenas alguns aminoácidos do presente trabalho. Isto sugere algum problema na estimativa destas equações, possivelmente o pequeno

número de alimentos utilizados para desenvolver as equações, fato este que é muito contestado pela maioria dos autores que trabalham com equações de predição de aminoácidos (Rostagno et al., 2001; Nunes et al., 2001; Borges, 1999; NRC, 1998), indicando a necessidade de mais estudos nesta área.

## 3.2 Híbridos de milho

### 3.2.1 Conteúdo em aminoácidos totais

A composição em aminoácidos essenciais totais e a soma destes com os sete híbridos de milho testados é apresentada na Tabela 5.9 e a composição dos aminoácidos não essenciais e sua soma, na Tabela 5.10. Nota-se que os valores de proteína das amostras apresentaram variação de 6,10% (híbrido 1) a 9,64% (híbrido 5). Esta variação é principalmente influenciada pela variedade de cada amostra, aliada a fatores externos como condições de solo e clima, etc. Além destes, o preparo das amostras e a própria análise laboratorial possivelmente contribuem no sentido de aumentar a variação entre os valores.

**TABELA 5.9.** Conteúdo de aminoácidos essenciais totais dos híbridos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M + C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Milho (HIB 1)	86,46	6,10	0,24	0,18	0,38	0,29	0,39	0,35	0,34	0,86	0,44	0,48	3,80
Milho (HIB 2)	86,57	8,22	0,25	0,18	0,36	0,26	0,36	0,27	0,28	0,86	0,33	0,39	3,55
Milho (HIB 3)	87,21	8,85	0,25	0,17	0,39	0,23	0,39	0,30	0,27	0,87	0,32	0,35	3,54
Milho (HIB 4)	86,76	7,52	0,25	0,18	0,41	0,23	0,39	0,23	0,26	0,86	0,40	0,39	3,70
Milho (HIB 5)	87,82	9,64	0,25	0,16	0,34	0,29	0,44	0,26	0,27	0,85	0,33	0,35	3,53
Milho (HIB 6)	87,50	7,22	0,25	0,17	0,35	0,26	0,36	0,23	0,26	0,85	0,40	0,37	3,25
Milho (HIB 7)	86,89	6,68	0,26	0,15	0,32	0,25	0,38	0,24	0,25	0,87	0,36	0,37	3,45
<b>Média</b>	<b>87,03</b>	<b>7,75</b>	<b>0,25</b>	<b>0,17</b>	<b>0,36</b>	<b>0,26</b>	<b>0,39</b>	<b>0,27</b>	<b>0,28</b>	<b>0,86</b>	<b>0,37</b>	<b>0,39</b>	<b>3,55</b>

1/ 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), AANE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.10.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais totais dos híbridos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1</sup>							
	CIS	ALA	ASP	GLU	GLI	SER	TIR	AANE
Milho (HIB 1)	0,20	0,67	0,55	1,21	0,32	0,50	0,30	3,75
Milho (HIB 2)	0,18	0,62	0,55	1,36	0,32	0,39	0,29	3,70
Milho (HIB 3)	0,22	0,73	0,64	1,50	0,32	0,41	0,28	4,10
Milho (HIB 4)	0,12	0,54	0,54	1,21	0,34	0,35	0,30	3,41
Milho (HIB 5)	0,18	0,58	0,58	1,55	0,31	0,35	0,25	3,81
Milho (HIB 6)	0,18	0,59	0,45	1,58	0,31	0,35	0,30	3,75
Milho (HIB 7)	0,17	0,59	0,54	1,11	0,31	0,39	0,30	3,41
<b>Média</b>	<b>0,18</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	<b>1,36</b>	<b>0,32</b>	<b>0,39</b>	<b>0,29</b>	<b>3,70</b>

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

Por outro lado, quando se avalia o conteúdo de aminoácidos totais (essenciais e não essenciais), observa-se que as amostras de milho, entre elas e em média, apresentaram pequena variabilidade em relação aos valores descritos por Albino et al. (1992); Fischer Jr. et al. (1998); Rodrigues et al. (2001); Rostagno et al. (2000); Brasil (2000) e Rostagno et al. (2001). No entanto, é possível observar que a variação é maior quando se comparam estes valores com os descritos na literatura estrangeira como o NRC (1994 e 1998), e aqueles apresentados por Dale (1999), logicamente devido às diferenças nas condições de solo, cultivo, clima e variedades, os quais podem afetar de forma significativa a composição dos alimentos (Bath et al., 1999). Existem variações em alguns aminoácidos entre os híbridos avaliados que devem ser consideradas, como, por exemplo, os valores de metionina + cistina totais dos híbridos 4 e 7 que variaram em 28,1% e os valores de histidina totais dos híbridos 1 e 6 que variaram em

34,3%, indicando, possivelmente, problemas no preparo das amostras, pois de outra forma as diferenças não seriam tão discrepantes.

É importante observar que o milho, pelo seu perfil em aminoácidos essenciais, além da principal fonte energética das rações de aves no Brasil, é também uma considerável fonte de aminoácidos essenciais, demonstrando mais uma vez a tamanha importância que este cereal possui como ingrediente para rações animais.

### **3.2.2 Coeficientes de digestibilidade e aminoácidos digestíveis verdadeiros**

Os coeficientes médios de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais estão apresentados nas Tabelas 5.11 e 5.12, respectivamente. Quando se compara os sete híbridos de milho estudados entre si, observa-se que de forma geral houve pequenas variações na digestibilidade verdadeira da maioria dos aminoácidos, tanto essenciais quanto não essenciais. Estes resultados são importantes por mostrarem que não só a energia, como descrito por Leeson & Summers (1997), mas também outros nutrientes podem variar em sua digestibilidade em função de diferentes lotes, variedades ou processamentos.

Contrastando a literatura nacional e a estrangeira da última década com os valores de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos do presente trabalho, é possível notar certas variações nestes coeficientes na maioria dos aminoácidos dos milhos (Albino et al., 1992; Degussa, 1993; Rhône Poulenc, 1993; NRC, 1994; NRC, 1998; Bellaver et al., 1998; Fischer Jr et al., 1998; Dale, 1999; Rostagno et al., 2000; Brasil, 2000; Rostagno et al. 2001; Rodrigues et al., 2001). Estas variações são indicativas da necessidade de escolher alimentos para a composição das rações animais não só pela sua composição nutricional



(determinada pela análise química), e sim deve ser levado em conta a utilização desses aminoácidos pelos animais, durante os processos de digestão e absorção.

**TABELA 5.11.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais dos híbridos de milho, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>										
	LIS	MET	M + C	TER	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Milho (HIB 1)	95,1	96,2	91,5	88,8	97,6	94,0	85,6	96,2	83,6	85,8	91,4
Milho (HIB 2)	94,8	95,7	91,6	88,0	94,5	91,9	83,5	94,7	86,5	85,2	90,7
Milho (HIB 3)	97,7	97,5	93,0	88,8	94,9	86,2	83,4	95,3	84,3	85,9	90,7
Milho (HIB 4)	93,2	94,6	93,4	90,5	96,2	92,3	83,7	94,3	85,5	87,5	91,1
Milho (HIB 5)	95,1	97,4	90,6	91,6	94,7	92,3	82,3	95,1	92,1	81,5	91,3
Milho (HIB 6)	93,5	92,1	86,9	87,1	86,6	90,9	84,4	93,8	86,6	85,2	88,7
Milho (HIB 7)	94,5	96,8	94,2	81,1	96,9	95,7	81,5	93,8	87,0	85,5	90,7

1/ 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.12.** Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos não essenciais dos híbridos de milho, determinados com galos adultos cecectomizados.

Alimento	Coeficientes de digestibilidade verdadeira (%) <sup>1</sup>						
	CIS	ALA	ASP	GLU	SER	TIR	AANE
Milho (HIB 1)	86,9	92,0	88,3	91,6	87,5	81,8	89,6
Milho (HIB 2)	87,5	92,8	89,7	92,8	86,5	82,6	89,8
Milho (HIB 3)	88,5	94,3	91,1	93,5	86,5	86,5	90,8
Milho (HIB 4)	92,3	93,6	87,5	91,0	85,8	82,5	89,9
Milho (HIB 5)	83,9	95,1	88,5	93,5	86,2	80,2	89,4
Milho (HIB 6)	81,7	89,0	97,3	95,9	85,1	81,5	89,0
Milho (HIB 7)	91,6	93,2	85,8	91,0	87,6	83,4	90,1

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

Dentre os sete híbridos de milho avaliados, alguns aminoácidos essenciais apresentaram os coeficientes médios de digestibilidade verdadeira inferiores a 90%, foram eles: treonina, isoleucina, fenilalanina e valina com valores de digestibilidade verdadeira de 87,99; 83,49; 86,51 e 85,23%, respectivamente. Isto também evidencia que mesmo em alimentos mais nobres, como é o caso do milho, é necessário que seja levada em consideração a digestibilidade dos aminoácidos, pois uma porcentagem significativa dos aminoácidos não está disponível aos animais. Considerando o coeficiente de digestibilidade verdadeiro médio dos aminoácidos essenciais dos sete híbridos de milho 90,65%, verifica-se que quase 10% dos aminoácidos destes alimentos não foram absorvidos.

Considerando o coeficiente de digestibilidade verdadeira médio dos aminoácidos essenciais de cada híbrido de milho avaliado, observa-se que não houve muita diferença entre os híbridos, com variação de 88,7% (híbrido 6) até 91,4% (híbrido 1). Para os aminoácidos não essenciais, a variação da digestibilidade foi ainda menor, variando de 89,0% (híbrido 6) até 90,8% (híbrido 3). Isto indica, de certa forma, que estes coeficientes não são muito variáveis entre os híbridos de milho. Por outro lado, pode-se notar que tanto para os aminoácidos essenciais como para os não essenciais, o milho híbrido 6 foi o que teve menor digestibilidade média, dando indícios da influência direta da variedade sobre o fator digestibilidade.

Ao ser contrastada a digestibilidade média dos aminoácidos essenciais com a dos aminoácidos não essenciais, nota-se uma superioridade dos aminoácidos essenciais sobre os não essenciais, o que pode indicar um mecanismo do organismo das aves para o melhor aproveitamento dos aminoácidos dieteticamente indispensáveis.

A partir dos coeficientes de digestibilidade determinados para cada aminoácido no ensaio biológico, calculou-se o conteúdo de aminoácidos digestíveis dos alimentos, os quais estão apresentados nas Tabelas 5.13 (essenciais) e 5.14 (não essenciais). Estes valores são de grande utilidade, uma vez que, conforme Rostagno et al. (2001), já é realidade que, nas formulações, os valores de aminoácidos devem ser expressos em termos de aminoácidos digestíveis. A formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis proporciona melhores desempenhos do que rações formuladas à base de aminoácidos totais (Tankslei & Kanabe, 1984; Parsons et al., 1995; Scheuermann & Bellaver, 1995; Rostagno et al., 2001). 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 considera o aminoácido em função de sua digestibilidade, pode-se garantir o fornecimento adequado deste aos animais.

**TABELA 5.13.** Conteúdo de aminoácidos essenciais digestíveis dos híbridos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>												
	MS	PB	LIS	MET	M+C	TRE	ARG	HIS	ILE	LEU	FEN	VAL	AAE
Milho (HIB 1)	86,5	6,1	0,23	0,17	0,35	0,26	0,38	0,33	0,29	0,83	0,37	0,41	3,47
Milho (HIB 2)	86,6	8,2	0,24	0,17	0,33	0,23	0,34	0,25	0,23	0,81	0,29	0,33	3,22
Milho (HIB 3)	87,2	8,9	0,24	0,17	0,36	0,20	0,37	0,26	0,23	0,83	0,27	0,30	3,21
Milho (HIB 4)	86,8	7,5	0,23	0,17	0,38	0,21	0,38	0,21	0,22	0,81	0,34	0,34	3,37
Milho (HIB 5)	87,8	9,6	0,24	0,16	0,31	0,27	0,42	0,24	0,22	0,81	0,30	0,29	3,22
Milho (HIB 6)	87,5	7,2	0,23	0,16	0,30	0,23	0,31	0,21	0,22	0,80	0,12	0,32	2,88
Milho (HIB 7)	86,9	6,7	0,25	0,15	0,30	0,20	0,37	0,23	0,20	0,82	0,31	0,32	3,13

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e 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), AAE (total dos aminoácidos essenciais).

**TABELA 5.14.** Conteúdo de aminoácidos não essenciais digestíveis dos híbridos de milho (valores expressos na matéria natural).

Alimento	Aminoácidos (%) <sup>1,2</sup>							
	CIS	ALA	ASP	GLU	GLI	SER	TIR	AANE
Milho (HIB 1)	0,17	0,62	0,49	1,11	0,32	0,44	0,25	3,36
Milho (HIB 2)	0,16	0,58	0,49	1,26	0,31	0,34	0,24	3,32
Milho (HIB 3)	0,19	0,69	0,58	1,40	0,30	0,35	0,24	3,72
Milho (HIB 4)	0,11	0,51	0,47	1,10	0,33	0,30	0,25	3,07
Milho (HIB 5)	0,15	0,55	0,51	1,45	0,30	0,30	0,20	3,41
Milho (HIB 6)	0,15	0,53	0,44	1,52	0,29	0,30	0,24	3,34
Milho (HIB 7)	0,16	0,55	0,46	1,01	0,30	0,34	0,25	3,07

1/ Valores calculados através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* e conteúdo de aminoácidos totais dos alimentos.

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

Assim, como observado para o conteúdo total de aminoácidos dos alimentos, houve pouca variabilidade entre o conteúdo de aminoácidos digestíveis determinados no presente trabalho para os híbridos de milho avaliados e aqueles relatados por NRC (1994), Fischer Jr. et al. (1998), Brasil (2000), Rodrigues et al. (2001), Rostagno et al. (2000) e Rostagno et al. (2001). No entanto, é possível observar que a variação é maior quando se comparam estes valores com os descritos no NRC (1994 e 1998) e aqueles apresentados por Dale (1999), logicamente devido às diferenças nas condições de solo, cultivo, clima e variedades, os quais podem afetar de forma significativa a composição dos alimentos (Bath et al., 1999).

Analisando a Tabela 5.13 (aminoácidos essenciais), nota-se que os valores de aminoácidos digestíveis foram menores quando comparados aos

valores de aminoácidos totais destes alimentos (Tabela 5.9). Esta diferença variou de 7,91% para o híbrido 5 até 10,49% para o híbrido 6. Desta mesma forma também se comportaram os aminoácidos não essenciais (Tabelas 5.14 e 5.10), tendo diferenças de 7,71% para o híbrido 6 e de 9,97% para o híbrido 7. Isso já era esperado, pois é sabido que uma parte dos aminoácidos dos alimentos não são aproveitados pelos animais, o que demonstra a necessidade de saber a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos e formular rações a partir destes valores.

### **3.2.3 Predição do conteúdo de aminoácidos totais e digestíveis, em função da composição química dos alimentos**

Nas Tabelas 5.15 e 5.16 estão apresentados os valores em aminoácidos totais e digestíveis, respectivamente, dos híbridos de milho, observados em ensaio de metabolismo e aqueles estimados pelas equações de predição propostas por Rodrigues et al. (2001).

Pode ser observado que, em média, a lisina total (Tabela 5.15) foi estimada com apenas 3,4 e 6,8% de diferença em relação ao valor analisado e a metionina + cistina, com 7,1% de diferença quanto ao valor analisado. Ainda, a equação com três variáveis para estimação da arginina fez uma boa estimativa (6,6% de diferença), sendo que as demais estimaram valores com mais de 15% de diferença dos analisados, estando, portanto, fora da faixa descrita por Lima et al. (2001), que é de 10%. No entanto, quando se considera cada alimento individualmente, nota-se que somente para alguns híbridos de milho as estimativas foram boas, o que pode gerar dúvida sobre a confiabilidade destas equações, não invalidando, no entanto, a utilização dessas equações.

**TABELA 5.15.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina e arginina totais dos híbridos de milho, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2001) (expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Lisina2		Metionina		Metionina2		MET + CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Milho (HIB 1)	0,28	0,24	0,28	0,28	0,21	0,13	0,21	0,13	0,44	0,32	0,34	0,30	0,45	0,48	0,45	0,35
Milho (HIB 2)	0,29	0,32	0,29	0,35	0,21	0,18	0,21	0,19	0,42	0,41	0,30	0,38	0,42	0,53	0,42	0,48
Milho (HIB 3)	0,29	0,22	0,29	0,27	0,19	0,19	0,19	0,18	0,45	0,43	0,26	0,40	0,45	0,55	0,45	0,36
Milho (HIB 4)	0,29	0,29	0,29	0,32	0,21	0,16	0,32	0,17	0,47	0,38	0,27	0,35	0,45	0,51	0,45	0,43
Milho (HIB 5)	0,28	0,31	0,28	0,35	0,18	0,21	0,18	0,22	0,39	0,46	0,33	0,43	0,50	0,57	0,50	0,48
Milho (HIB 6)	0,29	0,29	0,29	0,32	0,19	0,15	0,19	0,17	0,40	0,36	0,30	0,34	0,41	0,50	0,41	0,44
Milho (HIB 7)	0,30	0,27	0,30	0,30	0,17	0,14	0,17	0,16	0,37	0,34	0,29	0,32	0,44	0,49	0,44	0,42
<b>Médias</b>	<b>0,29</b>	<b>0,28</b>	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>	<b>0,30</b>	<b>0,36</b>	<b>0,45</b>	<b>0,52</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>

1/ Lisina =  $0,26488 + 0,01198PB$  ( $R^2 = 0,83$ ); Lisina2 =  $0,13957 + 0,01149PB - 0,05928FB + 0,01717EE + 0,06109MM$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina =  $-0,01315 + 0,02023PB$  ( $R^2 = 0,98$ ); Metionina2 =  $0,03468 + 0,02023PB - 0,02273FB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina + cistina =  $0,07769 + 0,03448PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Treonina =  $0,05576 + 0,03410PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Arginina =  $0,30805 + 0,02370PB$  ( $R^2 = 0,90$ ); Arginina2 =  $0,29523 + 0,02302PB - 0,11684FB + 0,08659MM$  ( $R^2 = 0,98$ ).

2/Conteúdo de aminoácidos essenciais totais obtidos através da análise dos alimentos.

**TABELA 5.16.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS), treonina e arginina digestíveis dos híbridos de milho, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por Rodrigues et al. (2001) (expressos com base na matéria seca)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Lisina2		Metionina		Metionina2		MET+CIS		Treonina		Arginina		Arginina2	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Milho (HIB 1)	0,27	0,31	0,27	0,22	0,20	0,12	0,20	0,11	0,40	0,27	0,30	0,21	0,44	0,44	0,44	0,32
Milho (HIB 2)	0,28	0,34	0,28	0,29	0,20	0,16	0,20	0,18	0,38	0,35	0,27	0,28	0,39	0,50	0,39	0,45
Milho (HIB 3)	0,28	0,34	0,28	0,21	0,19	0,18	0,19	0,17	0,41	0,37	0,23	0,30	0,42	0,52	0,42	0,32
Milho (HIB 4)	0,26	0,33	0,26	0,26	0,30	0,15	0,30	0,16	0,44	0,32	0,24	0,26	0,44	0,48	0,44	0,40
Milho (HIB 5)	0,27	0,35	0,27	0,29	0,18	0,19	0,18	0,20	0,35	0,39	0,31	0,33	0,48	0,53	0,48	0,45
Milho (HIB 6)	0,26	0,32	0,26	0,28	0,18	0,14	0,18	0,15	0,34	0,31	0,26	0,24	0,35	0,47	0,35	0,41
Milho (HIB 7)	0,29	0,32	0,29	0,26	0,17	0,13	0,17	0,15	0,35	0,29	0,23	0,23	0,43	0,46	0,43	0,39
<b>Médias</b>	<b>0,27</b>	<b>0,33</b>	<b>0,27</b>	<b>0,26</b>	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>	<b>0,38</b>	<b>0,33</b>	<b>0,26</b>	<b>0,26</b>	<b>0,42</b>	<b>0,49</b>	<b>0,42</b>	<b>0,39</b>

1/ Lisina =  $0,23518 + 0,01067PB$  ( $R^2 = 0,78$ ); Lisina2 =  $0,21533 + 0,01019PB - 0,07972FB + 0,06280MM$  ( $R^2 = 0,94$ ); Metionina =  $-0,02198 + 0,01951PB$  ( $R^2 = 0,97$ ); Metionina2 =  $0,03559 + 0,01941PB - 0,02737FB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Metionina + cistina =  $0,04767 + 0,03143PB$  ( $R^2 = 0,98$ ); Treonina =  $-0,01738 + 0,03156PB$  ( $R^2 = 0,99$ ); Arginina =  $0,28013 + 0,02318PB$  ( $R^2 = 0,88$ ); Arginina2 =  $0,27610 + 0,02247PB - 0,12254FB + 0,08766MM$  ( $R^2 = 0,97$ ).

2/ Conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros obtidos através dos coeficientes de digestibilidade determinados *in vivo* com galos adultos cecectomizados.

Quando se analisam os valores de aminoácidos digestíveis (Tabela 5.16), constata-se que somente a equação de predição para lisina com três variáveis e a equação para treonina estimaram eficientemente os valores dos aminoácidos, isso quando se considera a média dos sete híbridos. Por outro lado, deve ser observado que as duas equações para metionina digestível estimaram valores médios com mais de 25% de diferença dos valores analisados, indicando a necessidade de validar todas as equações de predição de aminoácidos antes de utilizá-las na formulação de rações.

Semelhantemente aos demais alimentos avaliados no presente trabalho, somente algumas equações desenvolvidas por Rodrigues et al. (2001), para prever os aminoácidos totais e digestíveis de alimentos do grupo do milho, fizeram boas estimativas, indicando a necessidade de mais estudos, tanto na parte de desenvolvimento de equações como de validação das mesmas.

Outro ponto relevante é que as equações propostas pelo referido autor foram desenvolvidas para um grupo de alimentos que incluiu além do milho, alguns subprodutos como gérmen de milho, glúten de milho 21 e 60, e isto pode, em alguns casos, comprometer os valores estimados para os alimentos individualmente. Neste aspecto, o NRC (1998) ressalta que o ideal é que as equações de predição sejam desenvolvidas para alimentos individuais e com altos coeficientes de determinação, para que possam estimar valores aceitáveis de aminoácidos.

Na Tabela 5.17 são apresentados os valores de aminoácidos totais analisados e estimados a partir de equações propostas pelo NRC (1998), especificamente para o milho, e nota-se que de forma geral estas equações se mostraram eficientes em prever os valores de aminoácidos, uma vez que dos quatro aminoácidos estimados, a menor acurácia foi apresentada pela equação da lisina, 10% de diferença entre o valor analisado e o estimado, o qual ainda é



considerado aceitável pela literatura (Lima et al., 2001). As demais equações fizeram estimativas ainda melhores, indicando, de certa forma a acurácia destas equações. Estes resultados podem dar indicação da superioridade das equações estimadas para alimentos individuais e não para grupos de alimentos, como foi o caso daquelas estimadas por Rodrigues et al. (2001). Mesmo sendo feito desta forma, é necessário que todas as equações de predição apresentem altos coeficientes de determinação e que sejam validadas antes de serem utilizadas com garantia de eficácia.

**TABELA 5.17.** Estimativas do conteúdo de lisina, metionina, metionina + cistina (MET + CIS) e treonina totais do milho, através de equações de predição em função da composição química dos alimentos propostas por NRC (1998) (expressos com base na matéria natural)<sup>1</sup>.

Alimento	Lisina		Metionina		MET + CIS		Treonina	
	Obs. <sup>2</sup>	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.	Obs.	Est.
Milho (HIB 1)	0,24	0,19	0,18	0,14	0,38	0,29	0,29	0,23
Milho (HIB 2)	0,25	0,23	0,18	0,17	0,36	0,35	0,26	0,30
Milho (HIB 3)	0,25	0,24	0,17	0,18	0,39	0,36	0,23	0,32
Milho (HIB 4)	0,25	0,22	0,18	0,16	0,41	0,33	0,23	0,28
Milho (HIB 5)	0,25	0,26	0,16	0,20	0,34	0,39	0,29	0,34
Milho (HIB 6)	0,25	0,21	0,17	0,16	0,35	0,32	0,26	0,27
Milho (HIB 7)	0,26	0,20	0,15	0,15	0,32	0,30	0,25	0,25
<b>Médias</b>	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>	<b>0,36</b>	<b>0,33</b>	<b>0,26</b>	<b>0,28</b>

1/ Lisina =  $0,079 + 0,0186 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,62$ ); Metionina =  $0,033 + 0,017 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,70$ ); Metionina + cistina =  $0,11290 + 0,0283 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,72$ ); Treonina =  $0,03 + 0,0326 \text{ PB}$  ( $R^2 = 0,93$ ).

2/Conteúdo de aminoácidos essenciais totais obtidos através da análise dos alimentos.

## 4 CONCLUSÕES

O coeficiente de digestibilidade médios dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais do sorgo, milho e subprodutos de milho alimentos teste foram 92,39 e 91,72%, respectivamente.

Os coeficientes de digestibilidade médios dos aminoácidos essenciais e dos não essenciais dos híbridos de milho foram 90,65 e 89,80%, respectivamente;

O processo de moagem melhorou a digestibilidade média dos aminoácidos do sorgo de 90,5 para 93,2% e do milho, de 93,36 para 94,15%;

O gérmen de milho foi o alimento que apresentou a menor digestibilidade média dos aminoácidos.

Para o milho, somente a metionina e metionina + cistina, e para o sorgo, a treonina, digestíveis, foram bem estimadas pelas equações de predição;

Para o grupo do sorgo, milho e subprodutos do milho, a inclusão de variáveis além da proteína bruta piorou a precisão da estimativa dos valores de aminoácidos.

Para os valores de aminoácidos totais dos híbridos de milho, apenas as equações para estimar lisina, metionina + cistina e arginina propostas por Rodrigues et al. (2001) fizeram boas estimativas.

Para os valores de aminoácidos digestíveis dos híbridos de milho, apenas uma equação para lisina e outra para treonina, propostas por Rodrigues et al. (2001), fizeram boas estimativas.

As equações propostas pelo NRC (1998) para o milho fizeram boas estimativas para lisina, metionina, metionina + cistina e treonina, sendo, portanto, adequadas para estimação destes aminoácidos.

O uso de equações específicas desenvolvidas para um determinado alimento é mais aplicável que equações propostas para um grupo de alimentos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; ROGLER, J. C. Pearl millet in diets of white pekin ducks. **Poultry Science**, Champaign, v. 73, n. 02, p. 425-435, Feb. 1994.

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

BATH, D.; DUNBAR, J.; KING, J.; BERRY, S.; OLBRICH, S. Byproducts and unusual feedstuffs. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 7-8, July 1999.

BELLAVER, C. Predição da digestibilidade de aminoácidos in vivo com suínos. In: SINPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL E SEMINÁRIO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE RAÇÕES, 1996, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, 1996. p. 171-205.

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, p. 731-736, maio 1998.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Normas e padrões de nutrição e alimentação animal**. Brasília, 2000. 152 p.

COON, C. N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In: TECHNICAL SYMPOSIA, 1991, Aruba. **Proceedings....** Aruba: NOVUS INTERNATIONAL, 1991. p. 11-40.

CRISSEY, S. D.; THOMAS, O. P. Comparison of the sensitivities of growth and digestibility studies using intact, cecotomized, and cannulated roosters. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, n. 5, p. 866-874, May 1987.

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

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

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, p. 556-560, Apr. 1999.

ENGSTER, H. M.; CAVE, N. A.; LIKUSKI, H.; MCNAB, J. M.; PARSONS, C. A.; PFAFF, F. E. A collaborative study to evaluate a precision-fed rooster assay for true amino acid availability in feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 64, n. 3, p. 487-498, Mar. 1985.

FISCHER JR, A. A. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. 1997. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FISCHER JR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S. e 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. 02, p. 314-318, mar./abr. 1998.

LIMA, G. J. M. M.; BELLAVER, C.; COSTA, C. L.; BERNARDI, C. R. Composição química e valor energético para suínos de um milho híbrido de teor de óleo superior. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 10., 2001. **Anais...** 2001. p. 281-282.

MEJÍA, A. M. G.; FERREIRA, W. M. Métodos de avaliação da disponibilidade da proteína e dos aminoácidos nos alimentos para não ruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE MONOGÁSTRICOS, 1., 1996, Soropédica. **Anais...** Saropédica, 1996.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of Swine**. 3 ed. Washington: National Academy of Science, 1998. 189 p.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; NASCIMENTO, A. H. Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros e equações de predição dos aminoácidos digestíveis do grão e de subprodutos do trigo para aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 774-784, maio/jun. 2001.

PARSONS, C. M.; FERNANDEZ, S. R.; YE ZANG. Dietary formulation with cottonseed meal on a total amino acid versus digestible amino acid basis. **Poultry Science**, Champaign, v. 74, n. 7, p. 1168-1179, July 1995.

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

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C. NUNES, R. V.; TOLEDO, R. S. Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com galos adultos cecectomizados. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 06, p. 2046-2058, nov./dez. 2001. Suplemento.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; NASCIMENTO, H. A.; TOLEDO, R. S. Digestibilidade de aminoácidos. In: WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 1., 2001, Foz do Iguaçu, 2001. **Anais....** Foz do Iguaçu, 2001. p. 41-53.

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, p. 64-76, jan./fev. 1977.

ROSTAGNO, H. S.; PUPA, J. M. R.; PACK, M. Diet Formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 4, p. 293-299, 1995.

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

SIBBALD, I. R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 58, n. 3, p. 668-673, May 1979.

SILVA, D. J. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2. ed. Viçosa: UFV. Imprensa Universitaria, 1990. 165 p.

TANKSLEY, T. D. Jr; KNABE, D. A. In: HARESING, W.; COLE, D. J. A. (Ed.) **Recent advances in animal nutrition**. 1984. p. 75-94.