

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA  
PARA GALINHAS CAIPIRAS**

**MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER**

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO - 2012**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA  
PARA GALINHAS CAPIRAS**

**MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER**  
**Médica Veterinária**

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO - 2012**

**MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER**

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E  
PROTEÍNA PARA GALINHAS CAPIRAS**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, da Universidade Federal da Paraíba e da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - Orientador Principal  
Dr. Jorge Vitor Ludke

**RECIFE - PE  
FEVEREIRO- 2012**

Ficha catalográfica

B814e Brainer, Mônica Maria de Almeida  
Equações de predição das exigências de energia e  
proteína para galinhas caipiras / Mônica Maria de Almeida  
Brainer. – Recife, 2012.  
125 f. : Il.

Orientador: Carlos Bôa-Viagem Rabello  
Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) –  
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento  
de Zootecnia, Recife, 2012.  
Referências

1. Abate comparativo 2. Exigência energética  
3. Exigência proteica 4. Modelos preditivos 5. Ovos caipiras  
6. Poedeiras I. Rabello, Carlos Bôa-Viagem, orientador  
II. Título

CDD 636.0852

**MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER**

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E  
PROTEÍNA PARA GALINHAS CAIPIRAS**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 13 de fevereiro de 2012.

**Comissão Examinadora:**

---

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Departamento de Zootecnia  
Presidente

---

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva  
Universidade Federal da Paraíba

---

Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa  
Universidade Federal da Paraíba

---

Profa. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
Universidade Federal Rural de Pernambuco

---

Prof. Dr. Geraldo Roberto Quintão Lana  
Universidade Federal de Alagoas

**RECIFE – PE**

## DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MÔNICA MARIA DE ALMEIDA BRAINER, filha de Lúcia Carmen Cavalcanti de Almeida e João Bezerra Brainer, nasceu no dia 26 de julho de 1969 em Recife, Pernambuco. Ingressou em 1987 no curso de graduação em Medicina Veterinária na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, concluindo-o em agosto de 1992. De março de 1993 a junho de 1994 trabalhou na empresa SUPRANOR - Suprimentos de Rações do Nordeste Ltda - como promotora de vendas da área de avicultura, e de abril de 1995 a fevereiro de 1996 prestou serviços ao SENAR/AR – PE, Serviço Nacional de Aprendizagem Rural, como instrutora de cursos de capacitação para trabalhadores rurais. Em março de 1996 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, área de concentração Nutrição e Produção de Aves, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, defendendo sua Dissertação de Mestrado em julho de 1998. Neste mesmo mês foi aprovada em concurso público para professora na Escola Agrotécnica Federal de Ceres – EAFCE, na qual ministrou aulas nos cursos Técnicos em Agropecuária e Zootecnia. De maio de 2006 a julho de 2008 ficou lotada provisoriamente na Fundação Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, onde colaborou em diversas disciplinas da área de Produção Animal do curso de Agronomia daquela universidade. Em julho de 2008 retornou ao seu órgão de origem, que se tornara Instituto Federal Goiano – Campus Ceres e não mais Escola Agrotécnica Federal de Ceres e, após ser liberada para capacitação, ingressou como aluna regular no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, na área de Produção de Não Ruminantes, da Universidade Federal Rural de Pernambuco defendendo sua Tese em fevereiro de 2012.

Ao meu marido,

**RONAILDO FABINO NETO,**

pelo amor, compreensão, estímulo, abnegação e por nunca ter medido esforços para a conclusão e sucesso deste trabalho.

**DEDICO**

Aos meus filhos,

**CAIO BRAINER FABINO e GABRIEL BRAINER FABINO,**

razão do meu viver e da minha força para continuar sempre dando o melhor de mim.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora, pela luz, força e proteção sempre presentes em todos os momentos de minha vida.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello, pela valiosa orientação, compreensão, estímulo e confiança durante o curso de doutorado.

Ao pesquisador da Embrapa Suínos e Aves, Dr. Jorge Vítor Ludke, pela coorientação e importante contribuição nas análises dos dados.

Aos Professores Dr. José Humberto Vilar da Silva e Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa, da Universidade Federal da Paraíba, e Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela participação nas Bancas de Qualificação e de Defesa de Tese, assim como pelas contribuições ao trabalho.

Ao Prof<sup>o</sup> Dr. Geraldo Roberto Quintão Lana, da Universidade Federal de Alagoas, pela participação na Banca de Defesa de Tese e contribuições ao trabalho.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – pela liberação das atividades profissionais para a realização deste curso.

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do Programa PIQDTEC, pela bolsa de estudo concedida.

Ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata de Pernambuco – PROMATA – do Governo do Estado de Pernambuco, pelo financiamento da pesquisa.

À Coordenação de Pós-Graduação do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade e presteza no esclarecimento das dúvidas.

À Estação Experimental de Pequenos Animais de Carpina, pela realização da fase experimental em suas instalações, e, em especial, ao funcionário Rivaldo, pela grande colaboração na mistura das rações.

Ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia, pela disponibilidade para a execução das análises laboratoriais, principalmente à Prof<sup>a</sup>

Ângela Maria Vieira Batista, ao Prof<sup>o</sup> Omer Cavalcanti de Almeida e ao Assistente de Laboratório Vitocley Bezerra de Moraes.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Campus Dois Irmãos, com os quais tive o privilégio de conviver nesses anos de curso.

À minha turminha de bolsistas da graduação, que foram fundamentais na execução e colaboração nas atividades da fase experimental, no preparo das amostras e nas análises laboratoriais, Waleska Medeiros, Rafael Acioly de Lima e Andrea Regina Feitosa.

Aos bolsistas de graduação Emmanuele, Almir e Tayara, que muito colaboraram na coleta de excretas nos ensaios de digestibilidade em Carpina.

A todos os colegas do Grupo de Estudos em Avicultura, pela amizade e apoio.

A todos os colegas da Pós-Graduação, pelo apoio e momentos de descontração nas disciplinas e no laboratório.

Em especial, a Cláudia da Costa Lopes, muito mais que uma amiga que ganhei assim que iniciei o curso, mas um anjo da guarda que me amparou em todos os momentos dessa jornada. A sua ajuda foi fundamental para a realização deste trabalho, principalmente nos longos meses de cansativas viagens diárias a Carpina, além do apoio incondicional e conselhos valiosos em todas as etapas do curso. Serei eternamente grata a você, Claudita!

Ao meu marido Ronaldo Fabino Neto, pela colaboração no final da fase experimental e em todas as fases seguintes, sempre me socorrendo quando precisei de ajuda, além do apoio em todos os momentos, muitas vezes me substituindo na atenção aos nossos filhos nos meus inúmeros momentos de isolamento científico.

À minha mãe Lúcia Carmen Cavalcanti de Almeida, pela valiosa ajuda, principalmente no cuidado com meus filhos, proporcionando-me tranquilidade para executar minhas atividades acadêmicas.

À minha irmã Verônica, meu cunhado Dércio e meus sobrinhos queridos Júlia e Pedro, por compreenderem e perdoarem minhas ausências, concedendo-me o suporte emocional para esta conquista.

Ao meu pai, João Bezerra Brainer, e a todos os meus familiares pelo apoio e carinho durante este período em que estive de volta à terrinha natal.

Aos meus filhos amados Caio e Gabriel que, mesmo sem entenderem direito a razão pela qual eu nunca terminava “esse trabalho das galinhas”, suportaram minhas inúmeras ausências e crises de mau humor e sempre estavam dispostos a um gesto de carinho para amenizar o meu cansaço.

À Jupira, Cléo, Greta, Lolita, Mingau, Judite e Fiona, como também, Branca e Sadam (*in memoriam*) que, mesmo “irracionalmente”, transmitiram-me tanto carinho e dedicação, que se tornaram fundamentais no alívio das tensões do dia-a-dia.

Enfim, a todos que colaboraram de alguma forma na realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Figuras.....	xv
Resumo Geral.....	xvii
Abstract.....	xvix
Considerações Iniciais.....	1
Capítulo 1 – Referencial Teórico.....	4
Introdução.....	5
Revisão de Literatura.....	7
Sistema de Criação Caipira.....	7
Aves para a Criação Caipira.....	10
Métodos para a Determinação das Exigências Nutritivas de Aves.....	12
Exigências de Energia Metabolizável de Aves .....	13
Energia Metabolizável para Manutenção.....	14
Energia Líquida para Manutenção.....	18
Eficiência de Utilização de Energia Metabolizável Abaixo e Acima da Manutenção.....	19
Energia Metabolizável para o Crescimento/Ganho de Peso.....	21
Energia Metabolizável para Produção de Ovos.....	23
Fontes de Variação das Exigências Energéticas em Aves.....	23
Exigências de Proteína Bruta de Aves.....	28
Proteína Bruta para Manutenção.....	29
Proteína Bruta para Ganho de Peso.....	31
Proteína Bruta para Produção de Ovos.....	33
Fatores de Variação das Exigências de Proteína Bruta.....	33
Referências Bibliográficas.....	36

Capítulo 2 – Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável para Galinhas Caipiras na Fase de Postura.....	44
Resumo.....	45
Abstract.....	46
Introdução.....	47
Material e Métodos.....	48
Resultados e Discussão.....	54
Conclusões.....	72
Referências Bibliográficas.....	73
Capítulo 3 – Equação de Predição da Exigência de Proteína Bruta para Galinhas Caipiras na Fase de Postura.....	78
Resumo.....	79
Abstract.....	80
Introdução.....	81
Material e Métodos.....	82
Resultados e Discussão.....	88
Conclusões.....	99
Referências Bibliográficas.....	100
Considerações Finais e Implicações.....	103

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2 - Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável para Galinhas Caipiras na Fase de Postura

	Página
1. Composição percentual e valores nutricionais da dieta experimental na matéria natural.....	49
2. Dados de peso médio, ganho de peso (GP), postura, peso dos ovos, massa dos ovos (MO) e consumo de aves poedeiras de acordo com o Manual da linhagem Embrapa 051.....	55
3. Médias e desvios padrão da energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) de aves poedeiras caipiras de acordo com os níveis de restrição alimentar.....	56
4. Médias do consumo diário de ração, ingestão de EMAn (EMI), retenção de energia em carcaça e ovos (ER) e produção de calor (PC) das aves submetidas aos diferentes regimes alimentares durante o período experimental.....	57
5. Equações de regressão da energia retida (ER) e da produção de calor (PC) em função da ingestão de EMAn (EMI), valores de EM para manutenção (EMm), EL para manutenção (ELm) e eficiência de utilização da energia para manutenção ( <i>km</i> ) e acima da manutenção ( <i>kgp</i> ).....	59
6. Médias e desvios padrão dos pesos das aves e composição corporal com base no peso vivo no período de 33 a 40 semanas de idade.....	63
7. Médias e desvios padrão do consumo de ração, massa de ovo produzida e composição energética dos ovos durante o período de 33 a 40 semanas de idade.....	66
8. Médias e desvios padrão dos valores de ingestão de EMAn (EMI), exigência de energia para manutenção (EMm), energia retida nos ovos (ERo) e eficiência de utilização de energia para a produção de ovos ( <i>ko</i> ).....	67

9. Estimativas das exigências de energia metabolizável para manutenção (EMm), para o ganho de peso (EMg), para a produção de ovos (EMo) e exigência total (EMt) da linhagem Embrapa 051 através do modelo e do manual da linhagem..... 70
10. Estimativa da exigência metabolizável através do modelo desenvolvido utilizando os dados de desempenho das galinhas Embrapa 051 durante o período experimental..... 71

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 3 - Equação de Predição da Exigência de Proteína Bruta para Galinhas Caipiras na Fase de Postura

	Página
1. Composição percentual e valores nutricionais da dieta experimental com base na matéria natural.....	83
2. Dados de peso médio, ganho de peso (GP), postura, peso dos ovos, massa dos ovos (MO) e consumo de aves poedeiras de acordo com o manual da linhagem Embrapa 051.....	87
3. Médias da ingestão de nitrogênio (NI), retenção do N na carcaça (NR <sub>c</sub> ), retenção de N no ovo (NR <sub>o</sub> ) e retenção de N total (NR <sub>total</sub> ) das aves submetidas aos diferentes regimes alimentares durante o período experimental.....	88
4. Equação de regressão da retenção de nitrogênio (NR) em função da ingestão de nitrogênio (NI) e seu coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ), estimativas da exigência de nitrogênio (Nm) e proteína bruta (PBm) para manutenção e eficiência de utilização do nitrogênio da dieta para manutenção (km).....	89
5. Médias dos valores de peso corporal inicial (PI) e final (PF), variação do peso e nitrogênio corporal (N corporal) das aves no período de 33 a 41 semanas de idade.....	92
6. Médias dos valores de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio retido no ganho (NR <sub>g</sub> ), nitrogênio para manutenção (Nm), nitrogênio para produção de ovos (No) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho de peso (kg).....	93
7. Médias de peso vivo, consumo de ração, massa de ovos produzida e composição proteica dos ovos durante o período de 33 a 41 semanas de idade.....	94
8. Médias dos valores nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio para manutenção (Nm), nitrogênio retido no ovo (NR <sub>o</sub> ) e eficiência de utilização do	

nitrogênio para produção de ovos ( <i>ko</i> ).....	95
9. Estimativas das exigências de proteína bruta para manutenção (PBm), para o ganho de peso (PBg), para a produção de ovos (PBo) e exigência total (PBt) da linhagem Embrapa 051 através do modelo desenvolvido e do Manual da linhagem.....	97
10. Estimativa da exigência de proteína bruta através do modelo desenvolvido utilizando os dados de desempenho das galinhas Embrapa 051 durante o período experimental.....	98

**LISTA DE FIGURAS****Capítulo 2 - Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável para Galinhas Caipiras na Fase de Postura**

	Página
1. Relação entre a EM aparente ingerida e energia retida na carcaça e nos ovos.....	58
2. Relação entre a EM aparente ingerida e produção de calor.....	62

**LISTA DE FIGURAS****Capítulo 3 - Equação de Predição da Exigência de Proteína Bruta para Galinhas  
Caipiras na Fase de Postura**

	Página
1. Relação entre nitrogênio retido (NR) e nitrogênio ingerido (NI).....	89

## EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DAS EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E PROTEÍNA PARA GALINHAS CAIPIRAS

**RESUMO GERAL** – O objetivo deste trabalho foi estimar a exigência de energia metabolizável (EM) e de proteína bruta (PB) para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de produção, sugerindo, assim, equações de predição das exigências de energia e proteína dessas aves. Foram realizados quatro ensaios experimentais com delineamento inteiramente casualizado em sistema semi-intensivo de criação na Estação Experimental de Pequenos Animais de Carpina da Universidade Federal Rural de Pernambuco utilizando o método do abate comparativo. No ensaio de manutenção as aves foram submetidas a quatro níveis de alimentação: *ad libitum*, 80%, 60% e 40% do consumo do grupo *ad libitum* durante seis semanas. A equação de regressão linear da EM e do nitrogênio (N) retidos no corpo e nos ovos em função dos diferentes níveis de alimentação forneceu a exigência de EM e de N para manutenção através do intercepto do eixo X e a eficiência de utilização de EM e de N da dieta através do coeficiente de regressão. Paralelamente, foi realizado um ensaio de metabolismo com coleta total de excretas para a determinação da EM da ração experimental nos diferentes níveis de alimentação. Para a determinação das exigências de EM e PB para ganho de peso as aves foram distribuídas em quatro grupos com abate semanal de duas aves com o peso médio de cada grupo por um período de nove semanas, sendo as exigências determinadas em função do conteúdo de energia e proteína na carcaça e a eficiência de utilização de EM e PB da dieta para ganho de peso. Para a determinação da exigência de EM e de PB para a produção de ovos foram conferidos semanalmente o peso corporal, a produção e o peso dos ovos, assim como a composição química dos ovos durante um período de nove semanas. As exigências foram determinadas considerando o teor de energia e de proteína e a eficiência de deposição da energia nos ovos. A partir dos resultados obtidos das exigências de energia e proteína para manutenção, ganho de peso e produção de ovos foram desenvolvidas equações de predição das exigências diárias de EM e de PB e realizadas simulações dos cálculos das exigências aplicando-se nos modelos desenvolvidos os dados de produção conforme o manual de criação da linhagem utilizada no experimento (Embrapa 051). A

exigência e eficiência de utilização da EMm foram 121,8 kcal de EM/kg<sup>0,75</sup>/dia e 0,68, respectivamente. A exigência de ELM foi de 82,38 kcal de EM/kg<sup>0,75</sup>/dia e a eficiência de utilização da EM acima da manutenção de 0,61. Como não houve variação nos pesos vivos e nos teores de energia na carcaça das aves durante o ensaio para a determinação da exigência para ganho de peso, a mesma não pôde ser determinada, atribuindo-se o valor zero às exigências em EM para ganho de peso. A exigência e a eficiência de utilização de EM para a produção de ovos foram 2,48 kcal de EM/g de ovo produzido e 0,61, respectivamente. A equação de predição da exigência energética elaborada para poedeiras caipiras na fase de produção foi:  $EM \text{ (kcal/ave/dia)} = 121,8 * P^{0,75} + 2,48 * MO$ , em que P = peso corporal (kg) e MO = massa de ovos produzida (g/ave/dia). A exigência e eficiência de utilização da proteína para manutenção foram 4,7 g de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia e 56%, respectivamente. Como não houve variação nos pesos vivos e nos teores de nitrogênio na carcaça das aves durante o período de 33 a 40 semanas de idade, a exigência de PB e o valor de eficiência de utilização de nitrogênio para o ganho de peso não foram estimados. A exigência e a eficiência de utilização de proteína para a produção de ovos foram 0,18 g de PB/g de ovo produzido e 62%, respectivamente. A equação de predição da exigência de PB elaborada para poedeiras caipiras na fase de produção foi:  $PB \text{ (g/ave/dia)} = 4,7 * P^{0,75} + 0,18 * MO$ , em que P = peso corporal (kg) e MO = massa de ovos produzida (g/ave/dia).

**Palavras-chaves:** abate comparativo, exigência energética, exigência proteica, modelos preditivos, ovos caipiras, poedeiras.

## **PREDICTION EQUATIONS OF ENERGY AND PROTEIN REQUIREMENTS FOR FREE-RANGE LAYING HENS**

**ABSTRACT** – The objective of this study was to estimate the requirement of metabolizable energy (ME) and crude protein (CP) for maintenance, weight gain and egg production of free-range laying hens and to suggest prediction equations of energy and protein requirements these hens. Four experimental trials were conducted with a randomized design in semi-intensive system in the Experimental Station of Small Animal of Carpina of Federal Rural University of Pernambuco using the comparative slaughter method. In maintenance assay, the hens were subjected to four feeding levels: ad libitum, 80%, 60% and 40% of consumption of the ad libitum for six weeks. The linear regression equation of ME and nitrogen (N) retained in the body and eggs through different feeding levels provided the ME and N requirement for maintenance through the X-axis intercept and the efficiency of utilization of ME and N diet through the regression coefficient. Simultaneously, a metabolism trial was conducted with total collection of excreta for the determination of ME the experimental diet at different feeding levels. To determine the requirements of ME and CP to gain weight, the hens were divided into four groups with weekly slaughter of two hens with average weight of each group for a period of nine weeks. The requirements were determined according to energy and protein content in the carcass and efficiency of utilization of ME and CP diet to gain weight. To determine the requirement for ME and CP for egg production were recorded weekly body weight, production and egg weight, as well as the chemical composition of eggs during a period of nine weeks. The requirements were determined considering the energy and protein content of eggs and the efficiency of energy and protein deposition in the eggs. From the results obtained from the energy and protein requirements for maintenance, weight gain and egg production equations were developed to predict the daily requirements of ME and CP and simulations of the calculations the requirements applying at models developed the data produced according to the manual of the strain used in the experiment (Embrapa 051). The requirement and efficiency of utilization of MEm was 121.8 kcal ME/kg<sup>0.75</sup>/day and 0.68, respectively. The ELM requirement was 82.38 kcal EM/kg<sup>0.75</sup>/day and efficiency

of utilization of ME above maintenance of 0.61. As there was no change in body weights and energy contents in the carcass of the hens during the assay for determining the requirement for weight gain, the same could not be estimated and considered the application of zero for gain weight. The requirement and efficiency of utilization of ME for egg production were 2.48 kcal/g egg produced and 0.61, respectively. The equation for predicting energy requirements of free-range laying hens was:  $ME \text{ (kcal/bird/day)} = 121.8 * W^{0.75} + 2.48 * ME$ , where  $W$  = body weight (kg) and  $ME$  = mass of eggs produced (g/bird/day). The requirement and efficiency of protein utilization for maintenance were 4.7 g PB/kg<sup>0.75</sup>/day and 56%, respectively. As there was no change in body weights and nitrogen contents in the carcass of the hens during the period from 33 to 40 weeks of age, the requirement of CP and the value of efficiency of nitrogen utilization for weight gain could not be estimated. The requirement and efficiency of protein utilization for egg production were 0.18 g CP/g egg produced and 62%, respectively. The equation for predicting CP requirement for free-range laying hens was:  $CP \text{ (g/bird/day)} = 4.7 * W^{0.75} + 0.18 * ME$ , where  $W$  = body weight (kg) and  $ME$  = mass of eggs produced (g/bird/day).

**Key-words:** comparative slaughter, energetic requirement, free-range eggs, laying hens, predictive models, protein requirement.

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura é um dos setores mais importantes da economia do país, respondendo por aproximadamente 1,5% do produto interno bruto (PIB) nacional e sendo representada por produtores integrados e independentes, empresas beneficiadoras e empresas exportadoras, empregando mais de 4,5 milhões de pessoas direta e indiretamente. Desde 2004, o Brasil é considerado o maior exportador de carne de frangos do mundo e ocupa hoje a 3ª posição na produção mundial, atrás apenas dos Estados Unidos e da China. Quanto à produção de ovos, o Brasil se encontra entre os cinco maiores produtores, porém com um volume de apenas 5% da produção dos demais países. Da produção total de ovos, apenas 2% são para exportação e 98% para atender ao consumo interno do país (UBABEF, 2012)<sup>1</sup>.

Entretanto, existe um nicho no mercado avícola que ainda é pouco explorado pelos produtores, que é o sistema caipira de produção de carne e ovos. Com recentes mudanças no conceito da produção animal na Europa, devido, principalmente, ao aumento da exigência de consumidores mais conscientes em relação à segurança alimentar e ao bem estar animal, tem havido um aumento na demanda por produtos originados de sistemas considerados mais naturais, como o frango e o ovo caipira.

Os ovos produzidos no sistema caipira têm um maior valor de mercado que os ovos produzidos em escala industrial, devido, principalmente, ao maior custo de produção e menor produtividade das aves nesse sistema. Entretanto, devido a características como gema com maior pigmentação e casca mais resistente existe uma demanda por este produto, que, muitas vezes, é maior que a oferta no mercado.

Diversas linhagens de aves caipiras, denominadas “melhoradas”, têm sido desenvolvidas no país, as quais aliam a rusticidade das caipiras a uma maior produtividade e precocidade das aves industriais. Contudo, ainda são poucas as pesquisas com esse tipo de ave, e o conhecimento técnico-científico sobre as exigências nutricionais, o manejo alimentar e reprodutivo e até mesmo o desempenho das aves caipiras é ainda escasso na literatura.

As exigências nutricionais das aves comerciais têm grande variação dependendo da função de produção a que se destina, ou seja, carne ou ovos. As linhagens

<sup>1</sup> UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. História da avicultura no Brasil. 2012. Disponível em: [http://www.abef.com.br/ubabef/mercado\\_interno.php](http://www.abef.com.br/ubabef/mercado_interno.php). Acessado em: 03/01/2012.

desenvolvidas para a produção de ovos possuem um menor peso corporal e são mais prolíficas, enquanto que aquelas utilizadas para a produção de carne têm altas taxas de crescimento e maior peso corporal, porém são menos eficientes na produção de ovos. Além disso, dentro de cada categoria (carne e ovos) há também uma variação da exigência dependendo da fase da criação. Vários fatores podem alterar as exigências nutricionais das aves e dentre eles destacam-se raça, linhagem, sexo, consumo de ração, sistema de criação, nível energético da ração, disponibilidade dos nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar e estado sanitário.

Os nutrientes numa dieta fornecem energia para o metabolismo, assim como precursores para a síntese de macromoléculas estruturais e funcionais. Os macronutrientes compõem a maior parte da dieta e incluem a água, proteína, lipídeos e carboidratos, enquanto os micronutrientes são constituintes menos prevalentes na dieta e incluem os minerais e vitaminas.

A exigência de um nutriente é definida pela quantidade do mesmo a ser fornecida na dieta para atender às necessidades de um animal em condições de um ambiente compatível com a sua boa saúde. As necessidades de um animal podem ser entendidas como sendo a quantidade necessária de um nutriente para atender a um determinado nível de produção.

A modernização da avicultura com o desenvolvimento de novas linhagens cada vez mais produtivas e precoces torna indispensável a atualização constante dos valores de exigências nutricionais em cada fase de criação para as diversas categorias de aves.

Os métodos usados para determinar as exigências nutricionais dos monogástricos têm sido o método dose-resposta e o fatorial. O método dose-resposta determina as exigências com base na resposta do desempenho dos animais alimentados com dietas com níveis crescentes do nutriente estudado, e o fatorial é baseado no princípio de que o animal necessita de nutrientes para a manutenção dos processos vitais e atividades, crescimento e/ou produção, sendo a base para a formulação de equações de predição das exigências nutritivas.

O método mais utilizado para a definição das exigências das aves tem sido o dose-resposta por ser mais prático e fácil de ser executado. Porém, fatores como o ambiente, clima e genética afetam a determinação das exigências sendo necessário repetir os estudos em várias condições para melhor definição das exigências. As tabelas

de exigências nutricionais de aves têm estabelecido as recomendações nutricionais na maioria dos estudos realizados com base no método dose-resposta, sendo que já existem também algumas equações de predição das exigências energéticas na literatura.

Atualmente, as recomendações de exigências nutritivas disponíveis em tabelas são direcionadas a aves comerciais criadas em sistema intensivo, as quais possuem características bem diferentes das aves caipiras criadas em sistema semi-intensivo.

Assim, no primeiro capítulo deste trabalho foram abordadas as características do sistema de criação caipira e as principais linhagens desenvolvidas para essa finalidade, os métodos para a determinação das exigências nutritivas das aves, as exigências energéticas das aves para manutenção, ganho de peso e produção de ovos e os seus fatores de variação, assim como, as exigências proteicas das aves para manutenção, ganho de peso e produção de ovos.

O segundo capítulo apresenta um experimento realizado com o objetivo de estimar a exigência de energia metabolizável para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de postura utilizando o método do abate comparativo e propor uma equação de predição das exigências de energia para essas aves.

O terceiro capítulo apresenta um experimento realizado com o objetivo de estimar a exigência de proteína bruta para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de postura utilizando o método do abate comparativo e sugerir uma equação de predição das exigências de proteína para essas aves.

## **CAPÍTULO 1**

---

### **Referencial Teórico**

#### **Equações de Predição das Exigências de Energia e Proteína para Galinhas Caipiras**

## **Equações de Predição das Exigências de Energia e Proteína para Galinhas Caipiras**

### **INTRODUÇÃO**

Antes da década de 60, a avicultura no Brasil era caracterizada pela criação de galinhas em sistema extensivo ou semi-intensivo sem qualquer tecnologia com o principal objetivo de subsistência. A maior parte das aves era derivada de cruzamentos entre raças sem qualquer controle, o que caracteriza até hoje, a conhecida “galinha caipira”. Com a introdução da avicultura industrial nos anos 60, os ovos e a carne de aves caipiras tornaram-se produtos diferenciados de difícil acesso aos consumidores, principalmente os urbanos, por não competirem com o melhor desempenho das aves industriais e o maior grau de tecnificação das empresas avícolas (KISHIBE et al., 1998).

Entretanto, o consumidor moderno tem buscado por produtos diferenciados valorizando atributos associados à sustentabilidade e à redução de resíduos químicos nos alimentos, o que tem contribuído para uma contínua expansão da produção de aves no sistema caipira. Além disso, a relação do bem estar dos animais com a produção de alimentos tem sido amplamente questionado, assim como a questão da poluição ambiental pelos dejetos animais.

Existe um nicho no mercado mundial com maior poder aquisitivo que tem demonstrado grande interesse pela criação de aves no sistema caipira, devido ao apelo do bem-estar animal e da qualidade de vida com o consumo de produtos mais naturais. De acordo com Coelho et al. (2008), é importante salientar que, a ave caipira não compete com a ave industrial em escala de produção e custo, mas sim em qualidade da carne e dos ovos, atendendo a uma demanda de consumidores que podem pagar mais por essas características.

Em vista disso, observa-se um aumento na produção de frangos e galinhas chamados alternativos (caipiras ou coloniais). No Brasil já se encontram disponíveis diversas linhagens de aves para corte, postura e de dupla aptidão destinadas à produção alternativa de frangos e ovos, tais como Caipirão da Esalq (corte), Caipirinha da Esalq (dupla aptidão), Paraíso Pelado (corte), Embrapa 041 (corte), Embrapa 051 (postura), Label Rouge (corte), Rubro Negra Caipira (postura), dentre outras.

Estudos sobre o “Sistema de Criação de Galinhas Caipiras” são necessários devido à falta de informações existentes no mercado para os atuais e futuros criadores. Silva e Nakano (1998) afirmam que, até a década de 40, havia bastantes informações sobre o sistema semi-intensivo de criação de aves, tais como pastagens, castração de frangos, seleção fenotípica para a produção de ovos, entre outras, e que, após o advento da avicultura industrial, esses assuntos caíram totalmente em desuso.

O sistema de criação semi-intensivo e a normatização do sistema de produção do frango e de ovos caipira, que proíbe o uso de promotores de crescimento, o faz peculiar nos requerimentos nutricionais. A utilização eficiente da ração e a máxima produtividade no sistema caipira exigem o conhecimento dos requerimentos nutricionais baseados em equações de predição, pois levam em consideração parâmetros inerentes à ave e ao ambiente.

Conforme Blaxter (1989) existem diferentes fatores que interferem no metabolismo do animal, como idade, peso, tamanho e composição corporal, ciclo circadiano, nutrição, tamanho dos órgãos, estágio de crescimento, produção e diferenças entre as espécies. Por outro lado, entre os fatores externos, a temperatura ambiente é o que mais afeta a produção de calor do animal e, por consequência, os requerimentos de energia.

Existem diversos estudos e recomendações para a elaboração de equações de predição das exigências energéticas e proteicas de aves reprodutoras pesadas (RABELLO et al., 2002; RABELLO et al., 2006), de poedeiras leves em produção (SCOTT et al., 1982; SAKOMURA et al., 2002; SAKOMURA et al., 2005a) e aves em crescimento (SCOTT et al. 1982; ALBINO et al., 1994; SAKOMURA et al., 2005b), porém há uma escassez de estudos das exigências de aves poedeiras caipiras que, devido a fatores genéticos e de manejo, apresentam características próprias que possuem grande influência nas exigências de manutenção, ganho de peso e produção de ovos dessas aves.

Portanto, o objetivo desta revisão é abordar as características do sistema caipira de criação e as exigências energéticas e proteicas de aves de diferentes categorias.

## REVISÃO DE LITERATURA

### *Sistema de Criação Caipira*

De acordo com a AVAL (2011) os sistemas de produção avícola podem ser classificados em: industrial (convencional), caipira (colonial), alternativo ou orgânico.

O sistema industrial ou convencional é utilizado em granjas de exploração comercial com linhagens geneticamente selecionadas para alta produtividade e excelente eficiência alimentar criadas em sistema intensivo.

No sistema caipira ou colonial, as aves são criadas em sistema extensivo ou semi-intensivo e sua alimentação deve ser constituída por ingredientes de origem vegetal, sendo proibido o uso de qualquer tipo de promotor de crescimento.

No sistema alternativo, a produção de aves ocorre de forma intensiva sem restrição de linhagem, criado sem o uso de antibiótico, anticoccidianos, promotores de crescimento, quimioterápicos e ingredientes de origem animal na dieta, e é adotado atualmente pela empresa Korin, com sede em Ipeúna, SP.

O sistema orgânico é considerado, segundo a Lei nº 10.831 de 23/12/2003, todo aquele em que se adotam técnicas específicas mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica e a preservação do meio ambiente.

Com o aumento da exigência dos consumidores por alimentos mais saudáveis, aliada a uma preocupação crescente com relação ao bem estar animal e à redução da poluição ambiental nas granjas, o modelo intensivo de produção de frangos de corte e galinhas de postura tem sido reavaliado.

Devido à pressão do mercado consumidor, em 1999 foi regulamentada uma normativa na União Europeia proibindo o uso de gaiolas convencionais na criação de galinhas poedeiras a partir de 1º de janeiro de 2012, devendo todas as aves de postura, a partir de então, serem alojadas em gaiolas “enriquecidas” ou em piso. As gaiolas enriquecidas são semelhantes às gaiolas convencionais, contudo devem possuir um ninho, poleiros e material de cama na superfície, apresentando uma área de 0,6 m<sup>2</sup> de espaço utilizável por ave. O alojamento em piso deve incluir ninhos, poleiros e material

de cama, em pelo menos 1/3 da superfície do piso e ter uma área disponível de, pelo menos, 1 m<sup>2</sup>/ave, podendo ter também acesso ou não a piquetes (PICKETT, 2007).

O sistema de criação caipira caracteriza-se pelas aves criadas à solta, exercitando-se e tendo acesso a uma alimentação variada (forragem, insetos e ração balanceada). Esse sistema visa ao bem estar do animal e à preservação do ambiente, sendo que nessas condições são produzidas aves com carne e ovos de melhor qualidade, alimentos que, atualmente, são exigidos por uma sociedade de consumo mais consciente. A ave caipira tem o período de criação mais longo, cerca de duas vezes superior ao das aves industriais, com menor produção de carne e de ovos, porém o produto diferenciado é de alta qualidade (SANTOS et al., 2009).

A criação de frangos e galinhas no sistema caipira é uma atividade produtiva que oferece grande oportunidade a pequenos produtores rurais, pois quando integrada à produção de hortifruticultura e à utilização de alimentos alternativos pode viabilizar a obtenção de proteína animal a um custo menor. Trata-se de uma atividade promissora, uma vez que atende a um mercado composto por consumidores cada vez mais dispostos a pagar um preço mais alto por um produto mais natural, além de que a oferta é menor do que a demanda do produto (SIQUEIRA, 2006).

De acordo com Barbosa et al. (2007), um frango terminado aos 120 dias custa em torno de R\$ 6,00 para o produtor e é repassado ao consumidor por R\$ 10,00, sendo que abatido, processado e servido em um restaurante, o prato passa a custar em média R\$ 30,00. Uma dúzia de ovos oriundos de granja tecnificada custa no varejo em torno de R\$ 3,00, enquanto que os ovos caipiras, R\$ 4,00. Quanto menor o custo de produção e maior a disponibilidade dos produtos caipiras no mercado consumidor, maior será o consumo.

No entanto, as galinhas caipiras ou seus ovos que são comercializados no supermercado não são produzidos da mesma forma caseira que uma boa parte da população rural têm feito ao longo do tempo. Os ovos caipiras vendidos em supermercados são produzidos em um sistema de criação regulamentado por lei federal, que é chamado de “caipira” ou “colonial” com controle na alimentação, sanidade e manejo. Além disso, atualmente já existem linhagens que foram desenvolvidas especificamente para esse tipo de criação e, que na maior parte das vezes, é de difícil acesso aos criadores de subsistência (PASIAN; GAMEIRO, 2007).

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabeleceu normas para o sistema de produção de frangos caipiras/coloniais que estão descritas no Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99 de 19/05/1999, e para a produção de ovos caipiras/coloniais no Ofício Circular DOI/DIPOA nº 008/99 de 19/05/1999. As denominações reconhecidas no ofício são de “Ovo Caipira” ou “Ovo Tipo ou Estilo Caipira” ou “Ovo Colonial” ou “Ovo Tipo ou Estilo Colonial”. De acordo com as normas que regulamentam a produção de ovos caipiras/coloniais, as aves devem ter uma área de 3 m<sup>2</sup> de pasto por ave, devem ser disponibilizados ninhos em locais cobertos, deve ser assegurado ao produto garantia de higiene e sanidade e as galinhas poedeiras devem ser alimentadas com dietas exclusivamente de origem vegetal, sendo proibida a utilização de pigmentos sintéticos na ração (MAPA, 1999a, 1999b).

De acordo com Siqueira (2006), as principais vantagens da avicultura alternativa são as características dos produtos, como a coloração e a consistência da carne e a gema pigmentada dos ovos caipiras, que fazem com que esses produtos ganhem maior visibilidade no mercado e conquistem consumidores fiéis que procuram por uma alimentação mais natural. Além disso, esta atividade consiste em uma excelente alternativa de renda complementar para as famílias rurais devido ao fácil manejo e utilização de mão de obra familiar, sendo também uma garantia de fornecimento de proteína animal de qualidade na alimentação das próprias famílias. Entretanto, os principais fatores do insucesso da atividade estão relacionados à falta de capacitação técnica dos produtores e ao manejo inadequado da criação, levando os mesmos a tratarem a atividade de forma desordenada e sem critérios sanitários. A ausência de controle zootécnico, de planejamento e de estudo de mercado também contribui para que não haja um fornecimento contínuo dos produtos para a comercialização.

Em um estudo com o objetivo de avaliar a viabilidade da produção de poedeiras no Brasil em três diferentes sistemas (convencional, caipira e orgânico), Pasian e Gameiro (2007) verificaram que os sistemas de criação caipira e orgânico ainda apresentam deficiências de informações e conflito entre os mesmos, pois na legislação ainda existem lacunas sobre o manejo dessas aves, com o agravante de não existir algum órgão ou entidade que realmente fiscalize a criação caipira. Os preços dos ovos são diferenciados de acordo com o sistema de produção, o custo de produção e a demanda do produto, porém os ovos caipiras têm avançado no mercado por atender às

expectativas do consumidor de não ser tão “industrializado” como o ovo convencional e ter um preço mais acessível que o ovo orgânico.

De acordo com Barbosa et al. (2007), o desafio na criação de galinhas caipiras é tornar a produção mais eficiente com a redução dos custos com a alimentação sem perder as características dos produtos. A dieta balanceada deve possuir ingredientes que supram as necessidades estruturais e produtivas e influenciem na capacidade de absorção dos nutrientes. Os aditivos são pouco utilizados em dietas de galinhas caipiras, uma vez que não se recomenda a inclusão de promotores de crescimento, enzimas e aminoácidos sintéticos.

O ponto forte de uma criação de frangos colonial é justamente a fonte de alimentação alternativa. Sem dispensar a ração comercial, os piquetes e os complementos (verduras, frutas, legumes e capim picado) têm um importante papel no desenvolvimento desta ave, fornecendo-lhe fibra e xantofila (GLOBOAVES, 2011).

### ***Aves para a Criação Caipira***

As aves utilizadas no sistema caipira de criação devem ser derivadas exclusivamente de raças próprias para este fim, sendo vedadas as linhagens comerciais específicas para frangos de corte (MAPA, 1999a).

De acordo com Santos et al. (2009), as linhagens desenvolvidas para a criação caipira foram geneticamente trabalhadas, selecionadas e adaptadas. As aves foram submetidas a um programa de melhoramento genético para a fixação de alguns parâmetros produtivos e, o mesmo tempo, para a redução de algumas características indesejáveis, como por exemplo, o choco.

Segundo Albino et al. (2005), as principais raças puras utilizadas na formação das linhagens coloniais são: Rhode Island Red (plumagem vermelho-escura), New Hampshire (plumagem vermelho-brilhante) e Plymouth Rock Barrada (plumagem branco-acinzentado). O cruzamento dessas raças com outras linhagens comerciais também viabiliza aos produtores a escolha entre adquirir ou não pintos de um dia, além de melhorar o plantel de aves caipiras locais.

Segundo Lana (2001), a linhagem caipira francesa Label Rouge (Kaefer Globoaves), oriunda do ISA (Instituto of Selection Animale), foi introduzida no Brasil em 1988, sendo então o primeiro passo para o desenvolvimento da avicultura alternativa

no país. O Label Rouge pode apresentar o pescoço pelado e plumagem carijó e é um frango rústico que resgata o sabor da carne silvestre com grande aceitação no mercado sul-americano. São comercializadas também algumas variações dessa linhagem como, por exemplo, Caipira Francês Vermelho Barre, Caipira Francês Vermelho Escuro, Caipira Francês Preto Esverdeado, Postura Carijó, Postura Shaver 566, Gigante Negro, Carijó Pesado, dentre outras (COELHO et al., 2008).

Existem diversas linhagens de aves tanto para corte quanto para postura e ainda com dupla aptidão destinadas à produção alternativa de frangos e ovos. Dentre elas, podem ser citadas: a Caipirão da Esalq, selecionada para corte, de crescimento rápido e plumagem com grande variação; a Caipira Pesadão Paraíso Pedrês (Fazenda Aves do Paraíso) selecionada para peso com equilíbrio entre a rusticidade e a produtividade, a Poedeira Caipira Rubro Negra, linhagem leve de postura, rústica, com empenamento multicolorido, a Caipira Light (Fazenda Aves do Paraíso), selecionada para corte de crescimento lento e boa conversão alimentar, dentre outras (COELHO et al., 2008)

Foram desenvolvidos na Embrapa Suínos e Aves cinco pacotes genéticos como resultado de projetos de pesquisa em melhoramento genético de aves conduzidos desde 1982. Dentre eles destacam-se as linhagens Embrapa 041 (matrizes e frango de corte colonial) e a Embrapa 051 (matrizes e poedeira colonial de ovos castanhos) (SILVA, 2010).

A Embrapa 051 consiste em galinhas híbridas resultantes do cruzamento entre as raças Rhode Island Red e Plymouth Rock Branca, selecionadas para a produção de ovos de mesa de casca marrom e por serem rústicas se adaptam bem aos sistemas menos intensivos, como parques (FIGUEIREDO et al., 2007). De acordo com Miele et al. (2008), a Embrapa 051 é a única opção desenvolvida por um órgão de pesquisa no Brasil disponível para pequenos agricultores, não exigindo, portanto, material genético importado. O seu desempenho é ideal para criações alternativas com boa capacidade para a produção de ovos e que permite o consumo da carcaça ao final da vida útil.

Entretanto, a partir da implantação do Projeto Frango Feliz, em 1997, pelo Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, quatro linhagens especializadas para o sistema caipira foram desenvolvidas. O Caipirão da Esalq, selecionado para corte, de crescimento rápido e plumagem com grande variação; a Caipirinha da Esalq, selecionada para dupla

aptidão com crescimento lento e produção de ovos e apresenta plumagem heterogênea e topete; a Linhagem “Sete P” (Pinto Preto Pesado de Pasto Pescoço Pelado de Piracicaba), selecionada para corte, apresenta crescimento rápido, uniformidade de plumagem preta e pescoço pelado, e a Carijó Barbada, que foi selecionada para dupla aptidão com crescimento lento e produção de ovos com plumagem barrada e presença de barba e costeleta (COELHO et al., 2008).

De acordo com Julião (2003), a criação das linhagens denominadas “caipiras melhoradas” vem se destacando em função de apresentarem uma maior produtividade, estimulando, então, a realização de pesquisas. Entretanto, a maior parte das pesquisas com aves caipiras são realizadas com frangos de corte, sendo ainda escassa a literatura científica com aves poedeiras neste sistema de criação.

### ***Métodos para a Determinação das Exigências Nutritivas de Aves***

Exigência nutricional é a quantidade mínima de nutrientes necessária para o melhor crescimento, desenvolvimento e máxima eficiência na utilização dos alimentos, de forma a não apresentar sintomas de deficiência (SCOTT et al., 1982).

Dois métodos podem ser utilizados na determinação das exigências dos animais, o método empírico (dose-resposta) e o método fatorial. No método empírico é medida a quantidade mínima de EM do alimento que pode ser consumida pela ave para que a mesma apresente um ótimo desempenho, como por exemplo, produção de ovos ou ganho de peso. O método fatorial baseia-se no princípio de que a exigência da ave em energia é a soma da quantidade a ser fornecida para o metabolismo basal para a atividade física, para a termorregulação, para o crescimento e para a produção (SAKOMURA, 1996).

O método mais comumente utilizado na determinação das exigências é o método empírico por ser mais prático e fácil de ser utilizado. Entretanto, possui a desvantagem de que as estimativas determinadas através deste método deveriam ser aplicadas, levando-se em consideração a genética, nível de produção e condições ambientais nas quais foram determinadas. Para um melhor estabelecimento dos níveis nutricionais com este método, seria necessário, então, repetir as pesquisas em várias condições para melhor definição das exigências (SAKOMURA, 2005).

Por outro lado, o método fatorial permite estimativas das exigências de diferentes categorias animais com níveis de produção distintos em ambientes diversos, pois leva em consideração parâmetros relacionado tanto à ave quanto ao meio.

O método fatorial constitui a base para a elaboração de modelos que estimam as exigências nutricionais (equações de predição) levando em conta as diferenças de pesos, composição corporal, potencial de crescimento e de produção dos animais, assim como do ambiente, o que facilita o desenvolvimento de programas nutricionais mais adequados aos animais. A exigência total é fracionada em manutenção, crescimento e produção, sendo expresso por:  $CN = Nm + Nc$ , em que CN é o consumo de nutriente, Nm e Nc são as demandas de nutrientes para manutenção e crescimento e/ou produção, respectivamente (SAKOMURA, 2005).

### ***Exigências de Energia Metabolizável de Aves***

A energia origina-se a partir do sol e é inicialmente estocada nos vegetais como resultado da fotossíntese. Toda substância que contém carbono e hidrogênio nas formas que podem ser oxidadas a dióxido de carbono e água apresenta energia potencial para os animais (SCOTT et al., 1982).

Como é armazenada nos carboidratos, gorduras e proteínas dos alimentos, e é liberada quando estes nutrientes são oxidados durante o metabolismo, a energia não pode ser considerada como um nutriente quimicamente identificável (KLASING, 1998).

Alguns dos termos utilizados para expressar a energia são caloria (cal) quilocaloria (kcal), megacaloria (Mcal), Joule e BTU (British Thermal Units). A cal é a quantidade de calor necessária para elevar 1 g de água de 14,5 a 15,5°C. Uma caloria é equivalente a 4,184 joules; e a kcal e Mcal correspondem a 1.000 e 1.000.000 calorias, respectivamente. Embora na nutrição animal raramente se use a unidade BTU, os engenheiros normalmente a usam, sendo equivalente a 0,252 kcal (BLAXTER, 1989).

As exigências energéticas das aves são normalmente expressas em energia metabolizável (EM) do mesmo modo que é feito com a energia contida nos alimentos. A EM dos alimentos consiste na diferença entre a energia bruta (quantidade de energia liberada durante a combustão total do alimento) menos a energia bruta das excretas das aves (fezes e urina). Deste modo, as exigências energéticas das aves podem ser diretamente comparadas com a energia contida nos alimentos (SCOTT et al., 1982).

Geralmente, as exigências de energia dos animais são caracterizadas em três níveis: basal, manutenção e diário. A exigência basal é a quantidade de energia metabolizável necessária a uma ave que está em repouso submetida a uma temperatura termoneutra, sem deposição tecidual e em estado pós-absortivo. A exigência energética de manutenção consiste na exigência basal mais as necessidades de energia para a termorregulação e atividade física. Enquanto que a exigência energética diária consiste na necessidade para manutenção mais a energia para a deposição tecidual associada com o crescimento, reprodução, muda ou reservas indispensáveis à migração ou privações sazonais.

A taxa metabólica basal varia de acordo com alguns fatores, tais como hora do dia, composição corporal, estado nutricional, idade, estação do ano e clima. A composição corporal também afeta a taxa metabólica basal devido aos diferentes tipos de tecidos apresentarem taxas de metabolismo distintas. Para se comparar as taxas metabólicas de animais de diferentes tamanhos utiliza-se a unidade de tamanho metabólico que é relativa à área de superfície corporal. A área de superfície de dois corpos de forma e densidade semelhantes, mas de tamanhos diferentes, são proporcionais a  $\frac{3}{4}$  de seus pesos. Consequentemente, as taxas são proporcionais ao peso elevado a 0,75 ( $P^{0,75}$ ). Quando o gasto de energia é comparado para animais de diferentes pesos da mesma espécie, o expoente pode ser menor que 0,75, sendo utilizado o fator 0,73 (KLASING, 1998).

Latshaw e Bishop (2004), comparando os fatores 0,66 e 0,75, observaram que o fator padrão utilizado para ganho de peso metabólico ( $kg^{0,75}$ ) é bastante apropriado para frangos de corte, porém Lopez e Leeson (2005), ao estimarem a exigência de manutenção em função de  $kg^{0,75}$  em comparação a  $kg^{0,60}$  observaram que as exigências para frangos por  $kg^{0,75}$  são 8% menores comparando-se com as estimativas baseadas em  $kg^{0,60}$ , principalmente em aves jovens e em crescimento.

### ***Energia Metabolizável para Manutenção***

De acordo com Kleiber (1975), a exigência energética de manutenção é a energia necessária para manter o animal em um estado no qual não haverá nem ganho e nem perda de substância corporal, podendo, então, ser definida como a quantidade de energia

necessária para manter o balanço entre o catabolismo e o anabolismo, isto é, quando não há retenção de energia (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A exigência energética para manutenção inclui a exigência de EM para a taxa metabólica basal, incremento calórico, termorregulação e atividade física, e é sempre maior que a taxa metabólica basal, porém tal aumento depende dos hábitos da ave e do meio em que vive. De acordo com Latshaw e Bishop (2004), a exigência de manutenção é a quantidade de energia necessária para o balanço energético em condições próximas à vida diária.

As exigências de energia para manutenção podem ser determinadas através de medidas da produção de calor no animal em jejum ou dos componentes do balanço energético.

Através das medidas calorimétricas e dos ensaios de alimentação sugeridos por Grimbergen (1974) determina-se o balanço energético das aves, o qual, de acordo com as definições de Blaxter (1989), consiste na diferença entre a energia bruta do alimento consumido e as perdas de energia pelas excretas e pela produção de calor do metabolismo. De acordo com Farrel (1975), Macleod et al. (1979) e Li et al. (1991), esta produção de calor associada à ingestão de alimento representa cerca de 15 a 30% da energia metabolizável ingerida. Isto é devido ao gasto de energia associado com a atividade de ingestão e gasto durante a utilização do alimento ingerido. Em aves caipiras é possível encontrar valores maiores pela maior atividade de ingestão de alimento.

Considerando que uma proporção da EM ingerida fica retida no corpo e uma proporção é perdida como calor (incremento calórico), a proporção retida representa então a eficiência de conversão da EM da dieta em energia líquida (BLAXTER, 1989). A produção de calor da ave em jejum é a melhor indicação do gasto mínimo de energia necessário para a manutenção dos processos essenciais da vida (BALNAVE, 1974).

A determinação dos componentes do balanço energético pode ser realizada por meio de calorimetria direta ou indireta (GRIMBERGEN, 1970; VAN ES et al., 1970), pelo método de abate comparativo (FULLER et al., 1983; ALBINO et al., 1994) ou pelo método do balanço de carbono e nitrogênio (HOFFMANN; SCHIEMANN, 1973).

Na calorimetria direta o calor desprendido pelo animal é medido pelo aumento da temperatura de um volume conhecido de água ou por meio de corrente elétrica

gerada pelo calor que passa através de pares termoelétricos, podendo ser usado o calorímetro adiabático ou de gradiente (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

No calorímetro adiabático, a temperatura de uma quantidade de água é continuamente monitorada e ajustada de modo a evitar a perda de calor do calorímetro para o exterior. O aumento na temperatura desta água, assim como, a quantidade de água circulante indica a medida de produção de calor pelo animal. No calorímetro de gradiente, quando o calor é conduzido através da parede da câmara, uma temperatura de gradiente é produzida e é detectada com precisão por junções termoelétricas que produzem um potencial elétrico proporcional à taxa de fluxo de calor (HAFEZ; DYER, 1969).

Na calorimetria indireta, a produção de calor é obtida através do quociente respiratório que é determinada pela medida da taxa de consumo de  $O_2$  e liberação de  $CO_2$ , e pode ser realizada em câmaras de respiração de circuito aberto ou fechado (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Na câmara de circuito aberto os animais são mantidos dentro de uma câmara hermética que permite a circulação de ar. Medidas precisas do volume de ar que passa através da câmara, assim como a determinação da composição do ar que entra e sai são usados para obter as trocas gasosas. Na câmara de circuito fechado ocorre a recirculação de ar e a sua composição dentro da câmara é mantida a níveis normais pela adição de  $O_2$  em substituição ao que foi consumido pelo animal e pela remoção do  $CO_2$  produzido através de algum absorvente, como o hidróxido de potássio (HAFEZ; DYER, 1969).

A produção de calor pode ser determinada também através da análise corporal. A retenção de energia corporal pode ser medida pela diferença entre a energia corporal total de um grupo de animais abatidos no início e no final de um período experimental. Esta técnica é conhecida como abate comparativo. A quantidade de calor produzido seria, então, a diferença entre a energia retida no corpo e a energia metabolizável consumida no alimento. Para Wolynetz e Sibbald (1987), a metodologia do abate comparativo é baseada na premissa de que a composição corporal de um grupo de aves pode ser estimada pela composição da carcaça de algumas aves da mesma população.

Os componentes do balanço energético são quantificados através de ensaios de alimentação com apenas um ou com diferentes níveis de alimentação.

No ensaio de alimentação com apenas um nível de alimentação os animais são alimentados com uma dieta cuja EM seja conhecida e pela técnica do abate comparativo quantifica-se a energia retida no corpo. A desvantagem deste método é a necessidade de conhecimento da eficiência de utilização da energia, que pode ser consultada na literatura, mas possui uma variabilidade muito alta nos diversos trabalhos. Em ensaios com diferentes níveis de alimentação são estimadas tanto a exigência de EMm como a eficiência de utilização de energia através da relação linear da energia retida no corpo e ovos em função da EM ingerida (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Macleod e Jewitt (1988) realizaram uma comparação entre as exigências de EM de manutenção de poedeiras utilizando ensaios de alimentação com apenas um nível e com vários níveis de alimentação. Os autores verificaram que as exigências de EM para manutenção determinadas pelos dois métodos foram similares, sendo a rapidez de execução a principal vantagem do método com apenas um nível de alimentação, porém sua precisão depende da fixação de um nível de ingestão de EM bastante próximo à manutenção ou de um valor muito preciso da eficiência de utilização da energia ( $k$ ).

Diversos estudos têm sido realizados para se determinar as exigências energéticas de manutenção de diversas categorias de aves. Burlacu e Baltac (1971) e Reid et al. (1978) determinaram a exigência de EMm para poedeiras leves, sendo 125,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia e 111,1 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente; enquanto que, Sakomura et al. (2005a) encontraram valores de exigência de EMm de poedeiras leves de 138,47; 111,98 e 92,79 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para as temperaturas de 12, 22 e 31°C, respectivamente.

Albino et al. (1994), trabalhando com duas linhagens diferentes de poedeiras em crescimento, CNPSA e Lohmann, verificaram as exigências de 142 e 164 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia de EMm, respectivamente; enquanto Neme et al. (2005) obtiveram resultados de exigência de EMm de poedeiras em crescimento das linhagens Hy-line leve e semipesada de 122,16 e 133,97, respectivamente.

De acordo com Silva et al. (2004a, 2004b), as exigências de EMm de codornas japonesas nas fases de 1 a 12 dias e de 15 a 32 dias são 77,07 e 91,48 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente. Rabello et al. (2006) determinaram as exigências de EMm para reprodutoras pesadas em fase de produção mantidas em piso de: 130,83; 112,86 e 110,97 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, nas temperaturas de 13, 21 e 30°C, respectivamente. Enquanto que, Longo et al. (2006) verificaram que as exigências de energia metabolizável de

manutenção para frangos de corte foram 159,4; 116,2 e 128,7 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia nas temperaturas 13, 23 e 32°C, respectivamente.

### *Energia Líquida para Manutenção*

Geralmente, a produção de calor do animal em jejum tem sido considerada igual ao metabolismo basal e é frequentemente expressa como kg<sup>0,75</sup>. Em animais alimentados, a produção de calor é composta pelo metabolismo basal, incremento calórico e calor produzido pela atividade física. Porém, quando o consumo é zero, o incremento calórico também é zero e os componentes da produção de calor são o metabolismo basal e o calor da atividade física, que podem ser considerados igual à exigência de ELM. Se a produção de calor é medida a vários níveis de alimentação, é possível estimar a produção de calor ao consumo zero por extrapolação (LOFGREEN; GARRET, 1968).

Portanto, a energia líquida de manutenção (ELM) corresponde à produção de calor (PC) proveniente da catabolização dos tecidos que é medida no animal em estado pós-absortivo, mantido em ambiente termoneutro e com um mínimo de atividade física. A ELM representa a produção de calor da ave em jejum, calculada pelo antilogaritmo da produção de calor, quando a ingestão de EM é extrapolada a zero ( $\log PC = a + b.0$ ), ou seja,  $PC = \text{antilog de } a$  (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

De acordo com Harris et al. (1972), a exigência de ELM de um animal em produção pode ser diferente de um animal não produtivo de mesmo peso. Esta diferença é devido à variação nas quantidades de hormônios produzidos e na atividade voluntária. Esta diferença pode ser utilizada para a manutenção, mas na prática é normalmente considerada como exigência para produção.

Existem na literatura diferentes valores de exigência de ELM para diversas categorias de aves. Foram determinados os valores de 61,51 e 66,31 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para codornas japonesas nas fases de 1 a 12 dias e de 15 a 32 dias, respectivamente (SILVA et al., 2004a, 2004b). De acordo com Neme et al. (2005), as exigências de ELM para poedeiras em crescimento leves e semipesadas são 81,34 e 91,96 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente, enquanto que, Sakomura et al. (2005a), trabalhando com poedeiras leves encontraram valores de 100,04; 79,85; 69,15 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia de exigência de ELM nas temperaturas de 12, 22 e 31°C, respectivamente. Além disso, Sakomura et al.

(2005b) determinaram a exigência de ELM de frangos de corte machos de 119,3; 89,99; 96,25 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia nas temperaturas de 13, 23 e 32°C, respectivamente.

### ***Eficiência de Utilização de Energia Metabolizável Abaixo e Acima da Manutenção***

De acordo com Brody (1968), a eficiência energética é a relação entre a utilização desejável da energia ingerida. Em animais, a utilização desejável de energia seria representada por leite, carne, ovos, trabalho muscular ou lã. Eficiência bruta é a porcentagem da energia de um determinado alimento retida para produção e manutenção, enquanto que a eficiência líquida é a porcentagem de energia do alimento retida para produção, excluindo manutenção.

Geralmente, a eficiência de utilização da energia é expressa em termos de energia metabolizável, considerando que uma parte da EM consumida é usada para a manutenção e outra parte para a produção.

A eficiência de utilização da EM para manutenção (*km*) é calculada pela relação:  $km = E_{LM}/E_{Mm}$  e representa o percentual da  $E_{Mm}$  que foi efetivamente usada para a manutenção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A eficiência de utilização da EM para produção pode ser definida como a medida da conversão da EM disponível para a produção de ovos, leite, carne, etc. Também é chamada de eficiência de utilização de energia acima da manutenção e pode ser calculada pelo modelo:  $ER = a + b \cdot E_{Mi}$ , na qual a inclinação da reta (*b*) representa a eficiência de utilização da EM da dieta para a deposição de energia corporal (*kpg*), que indica a proporção da  $E_{Mi}$  que foi retida no corpo.

A eficiência de utilização da EM para a deposição corporal também pode ser calculada pela relação entre a energia retida no corpo e a EM disponível para a retenção corporal (determinada pela diferença entre a EM ingerida e a EM de manutenção):  $kpg = ER_c / (E_{Mi} - E_{Mm})$  (SAKOMURA, 2005).

Como a EM ingerida ( $E_{Mi}$ ) pode ser fracionada em três componentes: manutenção, ( $E_{Mm}$ ), ER como proteína ( $ER_p$ ) e ER como gordura ( $ER_g$ ) pode ser desenvolvido um modelo de regressão linear múltipla:  $E_{Mi} = E_{Mm} + b_1 \cdot ER_p + b_2 \cdot ER_g$  ou  $E_{Mi} = a + 1/kg \cdot (ER_g) + 1/kp \cdot (ER_p)$ , em que  $a = E_{Mm}$ . Representa a  $E_{Mi}$  quando a  $ER_g$  e  $ER_p$  são iguais a zero.  $1/kp$  é a eficiência de utilização da EM para a deposição de proteína e  $1/kg$  é a eficiência de utilização de EM para deposição de gordura. As

eficiências são calculadas pelo inverso dos coeficientes em decorrência da inversão dos parâmetros no modelo, isto é, EMI em função da ERp e ERg (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

De acordo com Blaxter (1989), a eficiência de uso da energia metabolizável com consumo de energia abaixo da manutenção (km) é maior do que a eficiência acima da manutenção (kg). Isso se explica pelo menor custo de processamento quando os substratos para a oxidação são gordura e proteína depositados do que quando o processamento de nutrientes ingeridos está combinado também com o custo de síntese e deposição tecidual, normalmente acompanhado de uma maior taxa de “turnover” proteico (WARPECHOWSKI, 2005).

Porém diversos estudos comprovaram que as eficiências energéticas para manutenção e produção são idênticas nas aves. A fim de avaliar tanto a manutenção quanto a produção, os níveis alimentares que resultam em uma retenção negativa de energia são utilizados para o cálculo da energia líquida de manutenção, enquanto que os tratamentos que produzem uma retenção positiva de energia são usados para o cálculo da energia líquida para produção.

Reid et al. (1978), ao avaliarem em poedeiras a eficiência energética de utilização da EM para EL abaixo e acima da manutenção, encontraram 61,9% de eficiência de utilização da EM para ELm e 62,8% de eficiência de utilização da EM para EL de produção, sendo que os valores não apresentaram diferença estatística entre eles. De acordo com Burlacu e Baltac (1971), a eficiência de utilização da EM para EL da produção de ovos de aves Leghorn foi 78,5% e para a síntese de proteína e gordura as eficiências foram 80,1% e 78,1% de EM para a produção, respectivamente.

De acordo com Romero et al. (2009), as relações entre a “entrada e a saída” da energia (medidas clássicas da eficiência energética) são afetadas pelo manejo. Portanto, medidas mais precisas de eficiência alimentar têm sido desenvolvidas a fim de identificar a sua fração hereditária. O consumo alimentar residual (RFI – *residual feed intake*) é definido como a porção da EM ingerida não explicada pelo peso corporal metabólico, ganho diário de peso e produção de ovos, ou seja, é a diferença entre o consumo de EM observado e o estimado. O consumo de EM estimado pode ser calculado através do seguinte modelo:  $EMI = kg^{0,75} \cdot (111,95 - 0,36T) + 3,36GPD + 2,10MO + \epsilon$ , em que EMI (kcal/dia) = média diária de consumo de EM,  $kg^{0,75}$  = peso

metabólico, T (°C) = temperatura, GPD (g/dia) = média de ganho diário, MO (g/dia) = massa de ovos produzida. O RFI tem como objetivo medir a eficiência energética total de um animal e tem sido usado para selecionar indiretamente poedeiras para a eficiência alimentar.

### ***Energia Metabolizável para o Crescimento/Ganho de Peso***

Cada espécie de ave cresce de acordo com suas características, e as exigências de EM para o crescimento podem ser calculadas através do conhecimento do teor de proteína e lipídio depositado diariamente. Uma vez que o tecido tenha sido sintetizado, a necessidade energética para a sua manutenção é considerada parte da exigência metabólica basal (KLASING, 1998).

A EM disponível para a produção (EM<sub>p</sub>) nos animais em crescimento pode ser calculada pela diferença entre a EM<sub>m</sub> e a EM ingerida. Uma parte da EM<sub>p</sub> é destinada para a retenção de proteína (ER<sub>p</sub>) e outra para a retenção de gordura (ER<sub>g</sub>). No entanto, para aves poedeiras a divisão da energia é mais complexa, pois a energia disponível para a produção é dividida entre a retenção corporal, os ovos em desenvolvimento no ovário e os ovos que estão sendo produzidos (SAKOMURA, 2005)

Os coeficientes que definem as exigências de EM por grama de ganho de peso corporal (EM<sub>g</sub>) podem ser determinados considerando-se as exigências de energia líquida por grama de peso corporal (EL<sub>g</sub>) e as eficiências de utilização da EM da dieta para a deposição de energia corporal (kgp). As exigências de EL por grama de peso corporal são calculadas através do modelo:  $E_{Bc} = a + b.PCJ$ , em que  $E_{Bc}$  = composição corporal em energia; PCJ = peso corporal em jejum. A exigência de EL por grama de ganho de peso (EL<sub>g</sub>) é obtida pelo coeficiente de regressão  $b$ , o qual representa o teor de energia por grama de peso corporal. A EM<sub>g</sub> é então determinada dividindo-se as EL<sub>g</sub> pela eficiência de utilização da energia kgp (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

A eficiência de utilização de energia (kgp) para deposição corporal pode ser determinada pelo coeficiente de regressão ( $b$ ) do seguinte modelo:  $ER = a + b.EMI$ , ou através da relação entre a energia retida no corpo e a EM disponível para a retenção corporal ( $kgp = ER_c / (EMI - EM_m)$ ).

Na literatura têm sido relatadas variações nos coeficientes de EM para o crescimento, as quais são atribuídas principalmente às diferenças na composição

corporal. Albino et al. (1994) e Neme et al. (2005) encontraram valores de exigência de EM para ganho de peso para poedeiras em crescimento de 3,254 kcal/g de ganho e 6,32 kcal/g de ganho, respectivamente. Para aves poedeiras em produção, foram determinadas as exigências de 1,91 kcal/g de ganho (BALNAVE et al., 1978) e 6,68 kcal/g de ganho (SAKOMURA et al., 2005a). Longo et al. (2006) verificaram que as exigências para ganho de peso de frangos de corte machos nas três fases de criação: 1 a 21 dias, 22 a 42 dias e 43 a 56 dias foram 3,718, 4,209 e 4,511 kcal/g de ganho, respectivamente. Rabello et al. (2006), trabalhando com matrizes pesadas, verificaram uma exigência energética de 7,62 kcal/g de ganho de peso, enquanto que, Silva et al. (2004a, 2004b) determinaram as exigências para ganho de peso de codornas de 4,64 kcal/g de ganho e 9,32 kcal/g de ganho nas fases de 1 a 12 dias e de 15 a 32 dias, respectivamente.

De acordo com Scott et al. (1982), as exigências de energia para ganho de peso em aves devem ser cuidadosamente avaliadas, pois diferenças na composição corporal, taxa de crescimento e, conseqüentemente, nas deposições de proteína e gordura existem entre os animais de diferentes sexos e linhagens.

Como a eficiência líquida da utilização da energia para crescimento ( $kg$ ) está relacionada à composição do ganho corporal, a utilização da EM para ganho de peso depende da partição da energia em síntese de proteína e de gordura e suas respectivas eficiências.

A determinação das exigências de energia para a deposição de proteína e de gordura corporal pode ser realizada através do modelo fatorial proposto por Kielanowski e utilizado por Boekholt et al. (1994):  $EM_i = EM_m + (1/kp) ER_p + (1/kg) ER_g$ , em que:  $EM_i$  = energia metabolizável ingerida,  $EM_m$  = exigência de EM para manutenção,  $kp$  e  $kg$  = eficiências de utilização da energia para deposição de proteína e gordura, respectivamente,  $ER_p$  e  $ER_g$  = energia retida como proteína e como gordura, respectivamente.

Devido às influências da genética, idade, peso corporal e dieta na composição corporal das aves, o uso deste modelo torna-se relevante por considerar a composição corporal na determinação das exigências energéticas.

Sakomura et al. (2005b) utilizaram este modelo em estudo com frangos de corte machos e obtiveram resultados de  $kg = 0,69$  e  $kp = 0,45$ , semelhante aos valores

determinados para frangos de corte machos por Boekholt et al. (1994) de  $kg = 0,86$  e  $kp = 0,66$  e por Nieto et al. (1995) de  $kg = 0,64$  a  $1,27$  e  $kp = 0,40$  a  $0,58$ . Por outro lado, Sakomura et al. (2003) estimaram os valores de  $kg$  e  $kp$  para matrizes pesadas em crescimento de  $1,04$  e  $0,46$ , respectivamente, assim como Macleod (1990) determinaram o valor de  $kg$  de  $1,02$  a  $1,03$  e  $kp$  de  $0,47$  a  $0,57$  para frangos de corte fêmea.

### ***Energia Metabolizável para Produção de Ovos***

De acordo com Sakomura e Rostagno (2007), a exigência de EM para a produção de ovos (EMo) é determinada considerando-se a composição média de energia dos ovos (ELo) e a eficiência de utilização da energia para produção de ovos ( $ko$ ):  $EMo = ELo/ko$

A eficiência de utilização da energia para produção de ovos ( $ko$ ) é determinada considerando-se a energia retida no ovo (ERo) dividida pela EM ingerida (EMI), descontando-se a energia metabolizável destinada para manutenção (EMm) e para ganho de peso (EMg):  $ko = ERo/(EMI - (EMm + EMg))$ .

De acordo com Rabello et al. (2006), há uma grande variabilidade dos valores de exigência de EM para produção de ovos, devido principalmente às diferenças nas eficiências de utilização da energia para a produção de ovos.

Em trabalhos pioneiros, foram sugeridas eficiências de utilização da energia para a produção de ovos em torno de 80%, como foi proposto por Waring e Brown (1967), Burlacu e Baltac (1971) e Balnave et al. (1978), porém Reid et al. (1978) encontraram uma eficiência de 62,8%, semelhante aos valores de 62% e 64% recomendados por Sakomura et al. (2005a) e Rabello et al. (2006), respectivamente. Valores de eficiência superestimados podem ocasionar subestimativa das exigências energéticas para produção de ovos.

### ***Fatores de Variação das Exigências Energéticas em Aves***

Conforme Blaxter (1989), existem diferentes fatores que interferem no metabolismo do animal, como idade, peso, tamanho e composição corporal, ciclo circadiano, nutrição, tamanho dos órgãos, estágio de crescimento, produção e diferenças entre as espécies. Por outro lado, entre os fatores externos, a temperatura ambiente é o

que mais afeta a produção de calor do animal e, por consequência, os requerimentos de energia.

Aves mantidas em temperaturas acima ou abaixo da zona de termoneutralidade necessitam alterar seu metabolismo para produzir ou dissipar calor, o que afeta diretamente as exigências energéticas de manutenção. Efeitos lineares decrescentes da temperatura sobre as exigências energéticas para manutenção têm sido observados em estudos com aves poedeiras em produção e matrizes em crescimento.

Peguri e Coon (1993) determinaram os valores de EMm para poedeiras em postura de 110, 99 e 71 kcal EM/kg<sup>0,75</sup>/dia nas temperaturas de 12,8; 23,9 e 33,9°C, respectivamente. Do mesmo modo, Sakomura et al. (2005a) verificaram decréscimo linear na exigência de EMm de poedeiras em produção com o aumento da temperatura ambiente, com os valores de 138,59; 117,73 e 98,89 kcal EM/kg<sup>0,75</sup>/dia para as temperaturas de 12, 22 e 31°C, respectivamente. Equações encontradas nas principais tabelas de composição de alimentos e exigências (ROSTAGNO et al., 2011; NRC, 1994) também consideram o efeito linear da temperatura sobre a EMm.

Segundo Emmans (1974), as necessidades energéticas para manutenção de poedeiras leves são reduzidas a 2,2 kcal/kg de peso corporal e o consumo de ração 1,5% a cada aumento de 1°C na temperatura. Resultados semelhantes foram encontrados por Fukayama et al. (2005), que verificou a cada aumento de 1°C na temperatura uma diminuição de 1,5% no consumo de ração para aves semipesadas e leves, sendo que as aves semipesadas apresentaram uma redução no consumo de ração 4% maior em relação ao observado para as aves leves com o aumento da temperatura.

Entretanto, Rabello et al. (2004a), ao avaliarem o efeito da temperatura sobre a EMm para aves reprodutoras pesadas verificaram que a temperatura exerce efeito sobre as exigências de aves com pequenas diferenças na produção de calor entre 19 e 27°C, com necessidade de geração de calor para manter a temperatura em condições de frio. Já com temperaturas ambientais acima de 27°C surgem demandas de energia para manter os mecanismos de resfriamento corporal.

A cobertura de penas é outro fator que, juntamente com a temperatura ambiente, interfere na exigência de energia das aves. De acordo com Peguri e Coon (1993) aves poedeiras têm dificuldade em dissipar calor em altas temperaturas e uma menor cobertura de penas aumentaria a resistência ao estresse calórico como consequência da

maior dissipação de calor, embora isto possa não corresponder a um aumento na produtividade. Os autores observaram que removendo metade da cobertura de penas das aves a 34°C houve um aumento de 11% no consumo alimentar, 11% na produção de ovos e 19% na massa dos ovos; porém, com a remoção total das penas, o consumo aumentou em 9%, mas a produção e a massa dos ovos reduziram em 6% e 8%, respectivamente. Houve também um aumento de 38% nas exigências de EMm das aves totalmente depenadas.

De acordo com Balnave (2004), a inabilidade das aves poedeiras em consumirem o suficiente para atender ao aumento nas exigências energéticas de manutenção pode ter sido a razão para a redução no desempenho das aves totalmente depenadas em comparação com as que tinham apenas 50% da cobertura de penas.

A variação dos valores de exigência de EMm entre as aves industriais se deve, principalmente, às diferenças genéticas entre frangos de corte e galinhas poedeiras, que possuem potencial de crescimento e composição corporal distintos. Sakomura (2004) verificou que as exigências de EMm de aves poedeiras e matrizes pesadas em crescimento e frangos de corte foram maiores do que as exigências de poedeiras e matrizes em produção, o qual pode ser devido às diferenças na composição corporal. Maiores custos energéticos para manutenção são necessários para tecidos com altos níveis proteicos, devido a permanente renovação celular, o que explica os maiores valores de exigência de EMm para aves mais jovens.

Do mesmo modo, Neme et al. (2005), ao determinarem as exigências de EMm de poedeiras de diferentes linhagens na fase de crescimento, verificaram que a exigência diária de EMm da linhagem semipesada foi 9,67% maior do que a exigência de EMm da linhagem leve. De acordo com a análise da composição corporal, a relação proteína/energia das aves da linhagem leve foi menor (1,66) do que as da linhagem semipesada (1,81), significando que, proporcionalmente, o teor de gordura corporal da linhagem leve era mais elevado.

De acordo com Latshaw e Bishop (2004), o teor de gordura corporal tem um grande efeito sobre a exigência energética de manutenção, pois a gordura é um tecido metabolicamente inerte. Em uma faixa de gordura corporal de 9,5 a 15,8% em frangos de corte, foi verificada uma redução de 7,4 kcal para cada % de gordura na exigência de manutenção das aves. Outras prováveis causas da influência da gordura na redução das

exigências energéticas de manutenção são o efeito isolante da gordura, mudanças no nível de atividade física ou redução na taxa metabólica do conteúdo corporal gorduroso.

A atividade física é o maior componente da exigência de EMm de diversos tipos de aves. De acordo com Klasing (1998) correr, voar, nadar e outras atividades exigem grandes quantidades de energia devido à contração muscular, e é comum que estas atividades consumam de cinco a dez vezes a taxa metabólica basal.

Em um estudo sobre a atividade e o gasto energético de poedeiras, Van Kampen (1976a, 1976b, 1976c) observou que o aumento na produção de calor e na temperatura corporal um pouco antes e durante a postura está correlacionado com as variações na atividade locomotora das galinhas. O mesmo autor também verificou que a taxa metabólica aumenta linearmente com a velocidade de corrida das aves, e que, na velocidade de 1 e 2 km/h foi 53-65% maior do que a taxa metabólica de repouso. Além disso, ao se alimentar, as aves apresentaram um aumento de 37% na produção de calor devido, principalmente, à ação de comer e não ao trabalho da digestão.

Braastad e Katle (1989) compararam as diferenças de comportamento entre galinhas poedeiras selecionadas para alta e baixa eficiência de utilização de energia e verificaram que as galinhas com baixa eficiência gastaram mais tempo caminhando, ciscando, bicando e apresentando comportamento agressivo do que as aves com alta eficiência. Os dados indicaram que as aves de alta eficiência apresentaram uma menor exigência energética de manutenção devido, em parte, a sua reduzida atividade física.

O sistema de alojamento das aves também tem grande influência sobre as exigências energéticas. Aves alojadas em gaiolas diferem daquelas criadas em piso pela restrição de atividade física que resulta em menor perda de calor. Rabello et al. (2004a), ao verificarem os efeitos do sistema de criação sobre as exigências de EMm de aves reprodutoras pesadas na fase de produção, observaram que as exigências das aves criadas em piso foram superiores às das aves mantidas em gaiolas devido aos maiores gastos de energia com atividade muscular para locomoção e maior produção de calor das aves no piso. De acordo com os autores, esta diferença torna-se de grande importância, uma vez que a grande maioria dos sistemas de criação utilizados para matrizes é o piso e os trabalhos realizados para a determinação das exigências energéticas ocorrem na maioria das vezes em gaiolas, o que pode levar a erros nas recomendações dos programas de alimentação usados comercialmente.

As exigências energéticas para ganho de peso apresentam ampla faixa de variação na literatura e a composição corporal é um dos principais fatores que influenciam nesta variação.

De acordo com estudos realizados com aves de diversas categorias, Sakomura (2005) verificou diferentes valores de exigência de EM para ganho de peso relacionado com a composição corporal em proteína e gordura. Para aves de postura leves e semipesadas e matrizes em crescimento e frangos de corte machos e fêmeas as exigências de EM para ganho de peso foram 9,49; 6,32; 3,24; 4,51 e 7,04 kcal/g de ganho. Para poedeiras leves em postura e matrizes em reprodução, as exigências determinadas de EM para ganho de peso foram de 6,68 e 7,62 kcal/g de ganho, respectivamente.

Para aves poedeiras em produção um dos principais fatores que provocam variação nos valores de exigência de EM para ganho de peso é a determinação da eficiência com que a energia da dieta é aproveitada e depositada nos tecidos. A grande dificuldade em separar a energia ingerida direcionada para ganho de peso da energia destinada à produção de ovos consiste na principal causa da alta variabilidade dos valores de eficiência e exigência para o ganho de peso de poedeiras em fase produtiva (SAKOMURA et al., 2005a).

Em vista disso, Rabello et al. (2006) utilizaram uma dieta com baixo teor de cálcio e evitaram o estímulo luminoso para restringir a produção de ovos em matrizes pesadas, determinando uma eficiência para ganho de peso de 47%. Entretanto, tal procedimento pode alterar o metabolismo corporal, influenciando na eficiência determinada, fornecendo, então, resultados questionáveis.

Um dos principais fatores que influenciam na variação dos valores de exigência de EM para a produção de ovos (EMo) das aves é a eficiência de utilização da energia para esse fim (*ko*). Em trabalhos pioneiros, foram sugeridas eficiências de utilização da energia para a produção de ovos em torno de 80%, como foi proposto por Waring e Brown (1965), Burlacu e Baltac (1971) e Balnave et al. (1978), porém Reid et al. (1978) encontraram uma eficiência de 62,8%, semelhante aos valores de 62% e 64% recomendados por Sakomura et al. (2005a) e Rabello et al. (2006), respectivamente. Valores de eficiência superestimados podem ocasionar subestimativa das exigências energéticas para produção de ovos.

De acordo com Chwalibog (1992), a alta variabilidade da eficiência ( $ko$ ) se deve a fatores genéticos, nutricionais e ambientais, mas a principal razão seria a inconsistência na estimativa da eficiência, que deveria incluir a utilização da energia para deposição de proteína ( $kop$ ) e gordura ( $kog$ ) nos ovos. Quando se determinou a exigência energética de poedeiras em postura utilizando uma exigência de manutenção constante de  $98 \text{ kcal/kg}^{0,75}$  e as eficiências parciais de utilização de energia para deposição de proteína ( $kop = 0,50$ ), gordura ( $kog = 0,79$ ) e carboidratos ( $koc = 0,79$ ), aumentou de 0,26 Mcal a 27 semanas de idade para 0,29 Mcal a 48 semanas de idade, correspondendo a 5,93 e 6,07 Mcal/kg de ovo. Aplicando-se a partição das eficiências na equação de predição das exigências, as tendências ao erro causadas pela diferença na composição química dos ovos durante o período de postura ou por fatores genéticos e nutricionais foram acentuadamente reduzidas.

### ***Exigências de Proteína Bruta de Aves***

As proteínas são nutrientes orgânicos nitrogenados presentes em todas as células vivas, sendo indispensável para o crescimento, reprodução e produção. Tem como principais funções a formação, manutenção e reparo dos tecidos, fonte de energia, defesa do organismo, participa no equilíbrio ácido-base, transporte no sangue e compõe o DNA, RNA, enzimas e hormônios.

Tem importância fundamental na nutrição de aves poedeiras devido ao fato de que a produção e o tamanho dos ovos dependerem do consumo de proteínas. De acordo com Moran Jr. (1987), a proteína consumida é quase que totalmente utilizada na formação da gema e do albúmen. As proteínas da gema são sintetizadas no fígado e então transportadas para o desenvolvimento dos folículos, sendo o acúmulo de gemas nos folículos um processo rápido e contínuo devido à formação hepática e folicular. O albúmen é largamente sintetizado pelas células glandulares do magnum em um processo também contínuo, porém a uma taxa mais acentuada durante o período de 4 horas em que o ovo se encontra nessa parte do oviduto.

A exigência de proteína de aves em postura está relacionada às necessidades para a manutenção e para a formação dos ovos. Portanto, a utilização de modelos fatoriais proporciona indicações mais adequadas das exigências proteicas por considerarem diversas variáveis envolvidas.

### ***Proteína Bruta para Manutenção***

A exigência de nitrogênio para manutenção é definida por Scott et al. (1982) como a situação em que a ave está em equilíbrio de nitrogênio, ou seja, a quantidade de nitrogênio ingerida deverá ser igual à quantidade de nitrogênio excretada. Boorman (1981) sugere que as perdas de nitrogênio endógeno são comparadas com a proporção da proteína da dieta que é utilizada para a manutenção, sendo que, para aves, esta percentagem é de, aproximadamente, 10%.

Santomá (1991) relata que a medida da taxa de deposição proteica apresenta-se do ponto de vista fisiológico como o melhor critério para o estabelecimento da exigência de proteína. A deposição proteica pode ser estimada através da retenção de nitrogênio, a qual pode ser determinada pela técnica de abate comparativo (BOORMAN, 1981; ALBINO et al., 1994; FILARDI et al., 2000) ou pela técnica do balanço de nitrogênio (MACLEOD, 1990; BASAGLIA et al., 1998; RABELLO et al., 2002), no entanto existem divergências entre as duas técnicas.

A medida da retenção corporal pela técnica do abate comparativo é feita através do abate de um grupo de animais no início e dos animais que receberam dietas com diferentes níveis de N no final do período experimental quantificando-se por diferença a retenção de N. A equação de regressão linear do N retido em função do N ingerido fornece a exigência de N para manutenção através do intercepto do eixo X e a eficiência de utilização de N da dieta através do coeficiente de regressão (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

O balanço de N é determinado pela diferença entre o N excretado e o N ingerido, medidos em ensaio de metabolismo utilizando-se a metodologia da coleta total de excretas. As aves devem ser alimentadas com dietas isocalóricas com níveis decrescentes de proteína, a fim de proporcionar balanço de N positivo, próximo a zero e negativo. A exigência de N para manutenção ( $N_m$ ) é determinada pela regressão do balanço de N (BN) em relação ao nitrogênio ingerido (NI), sendo que o intercepto do eixo X fornece o  $N_m$ , o intercepto do eixo Y fornece as perdas endógenas de N e a inclinação da reta representa a eficiência de utilização do N da dieta (SAKOMURA, 2005).

Rabello et al. (2004b) asseguram que as diferenças nas exigências de nitrogênio entre diversos trabalhos de pesquisa, além de outros fatores, estão basicamente relacionadas com as metodologias utilizadas e a categoria animal em estudo. Sakomura et al. (2005b) relatam que existe grande variabilidade nos valores de eficiência encontrados na literatura, principalmente em razão de metodologias não padronizadas e da dificuldade de isolar a energia destinada para ganho de peso e produção de ovos.

Kielanowski (1976) ressaltou que, na maioria dos experimentos, a retenção de nitrogênio tem sido determinada por testes de abate comparativo e que este método parece ser mais confiável que o balanço de nitrogênio, em que a retenção de nitrogênio pode, muitas vezes, ser superestimada. Porém, Sakomura (2005) afirmou que em diversos estudos o método do abate comparativo proporcionou exigências de proteína para manutenção muito superior aos resultados encontrados na literatura, sendo então padronizada em seus trabalhos a técnica do balanço de N para a determinação das exigências proteicas para manutenção.

Albino et al. (1994) determinaram a exigência de PB para manutenção através do método do abate comparativo de duas linhagens de galinhas de postura em crescimento e obtiveram os resultados de 3,625 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para a linhagem CNPSA e 4,75 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para a linhagem Lohmann. Enquanto que Basaglia et al. (1998) verificaram a exigência de 2,39 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para frangas de postura de 1 a 18 dias de idade através do método do balanço de N.

Filardi et al. (2000) também observaram valores distintos das exigências de matrizes em crescimento determinadas através das duas técnicas, sendo de 3,75 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia quando se utilizou o abate comparativo e de 2,02 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia com o balanço de N.

Do mesmo modo, Rabello et al. (2002) verificaram a exigência de 2,28 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para a manutenção de matrizes pesadas em postura utilizando o método do balanço de N, enquanto que, Rabello et al. (2004b) determinaram a exigência de PB para a manutenção das mesmas aves do trabalho anterior através da técnica do abate comparativo e obtiveram o valor de 3,42 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia.

Sakomura et al. (2002) determinaram a exigência de poedeiras leves em produção de 1,92 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para manutenção utilizando o método do balanço de N. Assim como Song et al. (2010) verificaram valores semelhantes de exigência de PB

para manutenção de machos e fêmeas da linhagem Lohmann Brown de 2,0 e 1,71 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente, também através do método do balanço de N.

Entretanto, valores inferiores de exigências de PB para manutenção foram citados por Scott et al. (1982) para poedeiras em fase de produção de 1,26 e 1,4 g de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia para as fases de 21-42 semanas de idade e 42 semanas de idade, respectivamente, assim como por Longo et al. (2001) para frangos de corte machos e fêmeas de 1,32 e 1,75 g de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente.

MacLeod (1990) determinou as exigências de PB para manutenção de frangos de corte fêmea pela técnica do balanço de N, obtendo resultados de 6,94 e 5,63 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia quando utilizou dietas com alto e baixo nível de proteína, respectivamente. De acordo com o autor, a maior exigência de PB para manutenção das aves alimentadas com altos níveis de proteína foi devido ao catabolismo de aminoácidos como fonte de energia, demonstrando que as aves possuem habilidade para aumentar a taxa de gluconeogênese a partir da proteína quando alimentadas com dietas altamente proteicas e com limitação de carboidratos.

Da mesma forma Song et al. (2010) verificaram que, quando as aves foram alimentadas com dietas contendo altos níveis de PB, a taxa de retenção de N diminuiu e a excreção de N tendeu a aumentar. O consumo excessivo de PB pode, então, causar um desperdício de N devido à redução da disponibilidade da proteína e da reação de desaminação de diversos aminoácidos.

### ***Proteína Bruta para Ganho de Peso***

De acordo com Sakomura (2005), as exigências de proteína para o crescimento e/ou ganho de peso podem ser determinadas através de abates semanais de grupos de aves para se quantificar a proteína corporal. A exigência de PB para o ganho de peso é obtida dividindo-se a exigência de N líquido para ganho de peso pela eficiência de utilização do N e multiplicando-se por 6,25. O coeficiente de regressão da equação do teor de N corporal em função do peso corporal a cada semana representa a exigência de N líquido por unidade de peso. A eficiência de utilização do N da dieta pode ser obtida pela inclinação da reta determinada pela relação entre N retido e N ingerido ou através da fórmula:  $kg = NRg / (NI - (Nm + No))$ , onde  $kg$  = eficiência da utilização do nitrogênio para ganho de peso,  $NRg$  = nitrogênio retido no ganho de peso (g/kg<sup>0,75</sup>/dia),  $NI$  =

nitrogênio ingerido ( $\text{g/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ),  $N_m$  = nitrogênio para manutenção ( $\text{g/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) e  $N_o$  = nitrogênio para produção de ovos ( $\text{g/g}/\text{dia}$ ).

Albino et al. (1994) determinaram as exigências de PB para o ganho de peso de frangas de postura em recría de duas linhagens, sendo de 375 mg de PB/g de ganho para a linhagem CNPSA e de 338 mg de PB/g de ganho para a linhagem Lohmann. Valores superiores das exigências de ganho para frangas de postura de 406 mg/g na fase de 1 a 6 semanas, de 544 mg/g de 7 a 12 semanas e de 563 mg/g na fase de 13 a 18 semanas foram observados por Basaglia et al. (1998).

Filardi et al. (2000) estabeleceram as exigências de PB para ganho de peso de matrizes pesadas em crescimento no período de 3 a 20 semanas com uma média de 406,3 mg de PB/g de ganho, enquanto que Longo et al. (2001) verificaram que as médias das exigências de PB para ganho de peso de frangos de corte machos e fêmeas no período de 7 a 56 dias foram de 271,9 e 277,1 mg de PB/g de ganho, respectivamente.

Para poedeiras leves de 20 a 36 semanas de idade, Sakomura et al. (2002) determinaram a exigência de PB para ganho de peso de 481 mg/g de ganho. Porém, Rabello et al. (2002) ao determinarem as exigências de PB para ganho de peso de matrizes pesadas em produção mantiveram as aves fora de produção com o objetivo de isolar a eficiência de utilização do N apenas para o ganho de peso e verificaram a exigência de 356 mg de PB/g de ganho. Para isto, as aves foram alojadas individualmente, submetidas a uma dieta com baixos níveis de cálcio e mantidas apenas com luz natural, sem a adoção de qualquer programa de luz.

Entretanto, segundo Morris (2004), existe um modelo simples proposto por Fisher et al. (1973) que representa a exigência de proteína ou aminoácido das galinhas poedeiras, no qual considera apenas as exigências para manutenção e produção de ovos, sem levar em conta as exigências para ganho de peso. De acordo com o autor, o modelo foi proposto para galinhas próximas ou em pleno pico de postura, as quais não apresentam praticamente nenhum ganho de peso. Com base na média de peso corporal de um lote de poedeiras, muitas vezes supõe-se que na primeira etapa da fase de postura as galinhas ainda estejam ganhando peso. Contudo, o crescimento esquelético pouco antes do início da postura é insignificante, e o rápido aumento de peso observado nas duas semanas pré-postura está relacionado principalmente ao crescimento do ovário e

do oviduto e ao estoque de precursores da gema no fígado e de fosfato de cálcio na medula óssea.

### ***Proteína Bruta para Produção de Ovos***

De acordo com Scott et al. (1982), o ciclo produtivo das galinhas poedeiras pode ser dividido em duas fases. A Fase I compreende o início da postura (21-22 semanas de idade) até as 42 semanas de idade e caracteriza-se por ser o período mais crítico da vida produtiva da ave devido à necessidade de um fornecimento adequado de nutrientes para o atendimento das exigências de uma elevada produção e aumento do peso dos ovos, assim como para atender às exigências de manutenção e maturidade fisiológica das aves. A Fase II compreende o período de 42 a 72 semanas de idade em que a ave já apresenta o peso corporal maduro. Considerando uma eficiência de utilização de proteína de 55%, os autores recomendam um consumo de 12,2 g de proteína/dia durante a Fase I e de 13,5 g/dia na Fase II para o atendimento das exigências de proteína para a produção de um ovo por dia.

As exigências e eficiências de utilização de PB para a produção de ovos podem ser determinadas em ensaio experimental em que são quantificados semanalmente o peso das aves, a produção e o peso dos ovos. A exigência de PB é obtida pela divisão do teor médio de N dos ovos pela eficiência de utilização de N para produção de ovos (ko), multiplicando-se por 6,25. A eficiência de utilização do N para a produção de ovos é determinada considerando-se o N retido no ovo (NRo) dividido pelo N ingerido (NI), descontando-se o N destinado para manutenção (Nm) e para ganho de peso (Ng) (RABELLO et al, 2002; SAKOMURA et al., 2002; SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Valores de exigência de PB para a produção de ovos são escassos na literatura. Sakomura et al. (2002) determinaram a exigência de PB para a produção de ovos de poedeiras leves de 301 mg de PB/g de ovo. Valores inferiores foram verificados por Waldroup et al. (1976) e Rabello et al. (2002) para as exigências de PB para a produção de ovos de matrizes pesadas, sendo de 174 mg e 262 mg de PB/g de ovo, respectivamente.

### ***Fatores de Variação das Exigências de Proteína Bruta***

Segundo Scott et al. (1982), diversos fatores podem influenciar o consumo e as exigências em proteína de aves poedeiras, podendo-se destacar: tamanho e genética da ave, temperatura ambiente, estágio de produção, tipo de alojamento, sanidade e nível energético da dieta.

Rabello et al (2004b) observaram variação nos valores de exigências da PB para manutenção quando as aves foram alojadas em diferentes temperaturas, sendo de 2,53; 3,42 e 4,27 g PB/kg<sup>0,75</sup>/dia quando submetidas a temperaturas de 13, 21 e 30°C, respectivamente. Os autores constataram um efeito linear da temperatura sobre as exigências de PB para manutenção, no qual para cada 1°C de aumento na temperatura ambiente houve um aumento em torno de 102,42 mg/kg<sup>0,75</sup>/dia das exigências de PB. Maiores exigências para as aves mantidas em temperaturas mais elevadas podem ser devido, em parte, pela menor eficiência de utilização do N para manutenção, como também pelas mudanças no equilíbrio hormonal das aves quando submetidas ao estresse calórico.

O sistema de criação e o tipo de alojamento das aves também exercem influência sobre as exigências proteicas. Eits et al. (2005) conduziram um experimento para determinar o efeito do tipo de alojamento (gaiolas ou piso) sobre as exigências de PB para a produção de ovos de aves poedeira semipesadas e verificaram que as exigências proteicas de poedeiras alojadas em piso são menores do que a das aves alojadas em gaiolas. Em ambos os sistemas, a redução do teor de PB da dieta afetou negativamente a produção de ovos, porém o declínio na produção foi menor nas aves alojadas em piso do que em gaiolas. Portanto, parte do efeito do tipo de alojamento sobre a exigência de proteína pode ser explicado pelo fato de que as aves no piso aumentaram o consumo alimentar quando submetidas a níveis de proteína mais baixos na dieta, enquanto que as das gaiolas apresentaram uma redução no consumo.

Diferenças nas características fisiológicas e na taxa do metabolismo basal de machos e fêmeas resultam em variação nas exigências proteicas de aves de acordo com o sexo. Ao estimarem as exigências diárias de N para manutenção e o potencial genético para deposição de N em frangos de rápido crescimento dependendo da idade e do sexo, Samadi e Liebert (2006) observaram que os frangos machos apresentaram uma tendência em reter mais N do que as fêmeas.

Do mesmo modo, Song et al. (2010) verificaram que a exigência de N para manutenção de galos da linhagem Lohmann Brown foi  $47 \text{ mg/kg}^{0,75}$  maior do que a das galinhas da mesma linhagem, sendo a taxa de retenção de nitrogênio 9,14% maior nos machos do que nas fêmeas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L. F. T.; FIALHO, F. B.; BELLAVER, C. et al. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.10, p.1625-1629, 1994.
- ALBINO, L. F. T.; NERY, L. R.; VARGAS JÚNIOR, J. G.; SILVA, J. H. V. **Criação de Frango e Galinha Caipira: Avicultura Alternativa**. 2 ed. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 12-17, 2005.
- AVAL - ASSOCIAÇÃO DA AVICULTURA ALTERNATIVA. Sistema de Criação de Aves, 2011. Disponível em: <http://www.aval.org.br>. Acessado em: 26/12/2011.
- BALNAVE, D. Biological factors affecting energy expenditure. In: MORRIS, T. R., FREEMAN, B. M. (ED.) **Energy requirements of poultry**, Edinburgh: British Poultry Science, p. 25-46, 1974.
- BALNAVE, D. Challenges of accurately defining the nutrient requirements of heat-stressed poultry. **Poultry Science**, v.83, p.5-14, 2004.
- BALNAVE, D.; FARREL, D. J.; CUMMING, R. B. The minimum metabolizable energy requirement of laying hens. **World's Poultry Science**, v.34, p.149-154, 1978.
- BARBOSA, F.G.V.; NASCIMENTO, M.P.S.B.; DINIZ, F.M. et al. **Sistema alternativo de criação de galinhas caipiras**. Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção 4. Versão Eletrônica, 2007. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/SistemaAlternativoCriacaoGalinhaCaipira/index.htm>. Acessado em: 15/11/2011.
- BASAGLIA, R.; SAKOMURA, N.K.; RESENDE, K.T. et al. Exigência de proteína para frangas de postura de 1 a 18 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.556-563, 1998.
- BLAXTER, K. **Energy metabolism in animals and man**. Cambridge: University Press, 1989.
- BOEKHOLT, H.A., VAN DER GRINTEN, P.H., SCHREUS, V.V.A.M., et al. Effect of dietary energy restriction on retention of protein, fat and energy in broiler chickens. **British Poultry Science**, v.35, p. 603-614, 1994.

- BOORMAN, K.N. Dietary constraints on nitrogen retention. In: Buttery, P.J., Lindsay, D.B (Ed.) **Protein deposition in animals**. London: Butterworths. p.147-66, 1981.
- BRAASTAD, B.O.; KATLE, J. Behavioral differences between laying hen populations selected for high and low efficiency of food utilization. **British Poultry Science**, v.30, p.533-544, 1989.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. 3ed. New York: Hafner Publishing Company, 1968
- BURLACU, G. H.; BALDAC, M. Efficiency of the utilization of the energy of food in laying hens. **Journal Agricultural Science**, v.77, p.405-411, 1971.
- CHWALIBOG, A. Factorial estimation of energy requirement for egg production. **Poultry Science**, v.71, p.509-515, 1992.
- COELHO, A.A.D.; SAVINO, V.J.M.; ROSÁRIO, M.F. **Frango feliz: caminhos para a avicultura alternativa**. Piracicaba: FEALQ, 2008. 88p.
- EITS, R.M., KWAKKEL, R.P., REINDSEN, B.G.E. et al. Effect of housing system on balanced protein requirements in laying hens. In: 15<sup>th</sup> European Symposium on Poultry Nutrition, 2005, Balantonsfüred, Hungary. **Anais...** Hungary: World Poultry Science Association, 2005.
- EMMANS, G. C. The effect of temperature on performance of laying hens. In: Morris, T. R. Freeman, B. M. (ed.), **Energy requirements of poultry**. Edinburgh, British Poultry Science, p. 79-90, 1974.
- FARRELL, D. J. A comparison of the energy metabolism of two breeds of hens and their cross using respiration calorimetry. **British Poultry Science**, v.16, p.103-113, 1975.
- FIGUEIREDO, E.A.P.; JAENISCH, F.R.F., SCHIMIDT, G.S. et al. Sistema para a produção de ovos com a poedeira Embrapa 051. **EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, 2007. Disponível em: [http://www.cnpqa.embrapa.br/sgc/sgc\\_artigos/artigos\\_7k54n1r.pdf](http://www.cnpqa.embrapa.br/sgc/sgc_artigos/artigos_7k54n1r.pdf).
- FILARDI, R.S., SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R. et al. Equações de predição das exigências de proteína bruta para matrizes pesadas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2308-2315, 2000 (Supl. 2).

- FISHER, C., MORRIS, T.R., JENNINGS, R.C. A model for the description and prediction of responses of laying hens to amino acid intake. **British of Poultry Science**, v.52, p.423-445, 1973.
- FUKAYAMA, E.H.; SAKOMURA, N.V.; NEME, R. et al. Efeito da temperatura ambiente e do empenamento sobre o desempenho de frangas leve e semipesada. **Ciência Agrotécnica**, v.29, p.1272-1280, 2005.
- FULLER, H. L., DALE, N. M., SMITH, C. F. Comparison of heat production of chickens measured by energy balance and by gaseous exchange. **Journal of Nutrition**, v. 113, p. 1403-1408, 1983.
- GLOBOAVES. **Manual de Manejo Linha Colonial**. 2011. 21p.
- GRIMBERGEN, A. H. M. The energy requeriments for maintenance and production of laying hens. **Journal Agriculture Science.**, v. 18. p. 195-206, 1970.
- GRIMBERGEN, A. H. M. Energy expenditure under productive conditions. In: Morris, T. R. Freeman, B M. (ed.), **Energy requeriments of poultry**. Edinburgh, British Poultry Science, p. 61-71, 1974.
- HAFEZ, E. S. E.; DYER, I. A. **Animal growth and nutrition**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1969. 402p.
- HARRIS, L.E.; KEAL, L.C.; FONNESBECK, P.V. Use of regression equations in predicting availability of energy and protein. **Journal of Animal Science**, v.35, p.658-680, 1972.
- HOFFMANN, L., SCHIEMANN, R. Die verwertung der futterenergie durch die legend henne. **Arch Tierernahr**, v. 23, p. 105-32, 1973.
- JULIÃO, A.M. **Avaliação da composição centesimal e aceitação sensorial da carne de frangos de linhagens comercial e tipo colonial comercializadas em nível varejista**. 2003. 105f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- KIELANOWSKI, J. Energy cost of protein deposition. In: COLE, D. J. A. et al. **Protein metabolism and nutrition**. London: Butterworths, p.207-209, 1976.
- KISHIBE, R.; CANCHERINI, L.C.; GOULART, V.S. et al. **Manual da Produção de Aves Caipiras**. Boletim de Extensão. Lavras: UFLA/PROEX, ano 7, 1998.
- KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. New York: CAB International, 1998.

- KLEIBER, M. **The fire of life: an introduction to animal energetic**. 2 ed. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975, 453p.
- LANA, G.R.Q. Criação de galinha caipira. In: X Semana de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco. **Anais...** Recife, 2001. 34p.
- LATSHAW, J.D.; BISHOP, B.L. Energy required for maintenance of broiler chickens and the change due to body fat content. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v.3, n.1, p.19-23, 2004.
- LI, Y.; ITO, T.; YANAMOTO, S. Diurnal variation of heat production related to some physical activities in laying hens. **British Poultry Science**, v.32, p. 821-827, 1991.
- LOFGREEN, G. P.; GARRET, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, p.793-806, 1968.
- LONGO, F.A., SAKOMURA, N.K., FIGUEIREDO, A.N. et al. Equações de predição das exigências protéicas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1521-1530, 2001.
- LONGO, F.A.; SAKOMURA, N.K.; RABELLO, C.B.V. et al. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.119-125, 2006.
- LOPEZ, G.; LEESON, S. Utilization of metabolizable energy by young broilers and birds of intermediate growth rate. **Poultry Science**, v.84, p.1069-1076, 2005.
- MACLEOD, M.G. Energy and nitrogen intake, expenditure and retention at 20° in growing fowl given diets with a wide range of energy and protein contents. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.625-637, 1990.
- MACLEOD, M.G.; JEWITT, T.R. Maintenance energy requirements of laying hens: a comparison of measurements made by two methods based on indirect calorimetry. **British Poultry Science**, v.29, p.63-74, 1988.
- MACLEOD, M.G.; TULLETT, S.G.; JEWITT, T.R. Effects of food intake regulation on the energy metabolism of hens and cockerels of a layer strain. **British Poultry Science**, v.20, p.521-531, 1979.
- MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Ofício Circular DOI/DIPOA nº 007/99 de 19 de maio de 1999**. Publicada em 17 de maio de 1999. Brasília. (disponível em <http://www.agricultura.gov.br/das/legislações>) 1999a.

- \_\_\_\_\_. **Ofício Circular DOI/DIPOA nº.008/99 de 19 de maio de 1999.** Publicada em 17 de maio de 1999. Brasília. (disponível em <http://www.agricultura.gov.br/das/legislações>). 1999b.
- MIELE, M.; GIROTTO, A.F.; PALHARES, J.C.P. et al. Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da poedeira colonial Embrapa 051. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Rio Branco, 2008.
- MORAN JR.,E.T. Protein requirement, egg formation and the hen's ovulatory cycle. **Journal of Nutrition**, v. 117, p.612-618, 1987.
- MORRIS, T.R. Nutrition of chicks and layers. Reviews. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.5-18, 2004.
- NEME, R.; SAKOMURA, N. K.; FIALHO, F. B. et al. Modelling energy utilization for laying type pullets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, n.1, p.39-46, 2005.
- NIETO, R., PRIETO, C., FERNÁNDEZ-FÍGARES, I., et al. Effect of dietary protein quality on energy metabolism in growing chickens. **British Journal of Nutrition**, v.74, p. 163-172, 1995.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9 ed. National Academic Press, Washington D.C. 1994.
- PASIAN, I.M.; GAMEIRO, A.H. Mercado para a criação de poedeiras e sistemas do tipo orgânico, caipira e convencional. . In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Londrina, 2007.
- PEGURI, A., COON, C. Effect of feather coverage and temperature on layer performance. **Poultry Science**, v.72, p.1318-1329, 1993.
- PICKETT, H. **Alternatives to the barren battery cage for the housing of laying hens in the European Union**. Surrey: Compassion in World Farming, 2007. 39p.
- RABELLO, C.B.V., SAKOMURA, N.K., LONGO, F.A. et al. Equação de predição da exigência de proteína bruta para aves reprodutoras pesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1204-1213, 2002.
- \_\_\_\_\_. Efeito da temperatura ambiente e do sistema de criação sobre as exigências de energia metabolizável para manutenção de aves reprodutoras pesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.382-390, 2004a.

- \_\_\_\_\_. Efeito da temperatura ambiente nas exigências de proteína bruta para galinhas reprodutoras pesadas na fase de produção. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v. 99, n.551, p.161-165, 2004b
- \_\_\_\_\_. et al. Modelling energy utilization in broiler breeder hens. **British Poultry Science**, v.47, p.622-631, 2006.
- REID, B. L.; VALENCIA, M. E.; MAIORINO, P. M. Energy utilization by laying hens. I. Energetic efficiencies of maintenance and production. **Poultry Science**, v.57, p.461-465, 1978.
- ROMERO, L. F.; ZUIDHOF, M. J.; RENEMA, R. A. et al. Characterization of energetic efficiency in adult broiler breeder hens. **Poultry Science**, v.88, p.227-235, 2009.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 3 ed., UFV, DZO, Viçosa. 2011.
- SAKOMURA, N. K. Exigências nutricionais das aves utilizando o modelo fatorial. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 1, Viçosa, 1996. **Anais...** Viçosa, p. 319-44, 1996.
- \_\_\_\_\_. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, n.1, p.1-11, 2004.
- \_\_\_\_\_. Uso do modelo fatorial para determinar as exigências nutricionais de aves. In: Simpósio Internacional sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 2, Viçosa, 2005. **Anais...** Viçosa, 2005. 1 CD-ROM.
- SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., RESENDE, K.T. Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2247-2254, 2002.
- SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., SÁ-FORTES, C.M.L. et al. Modelos para estimar as exigências de energia metabolizável para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.575-583, 2005a.
- SAKOMURA, N.K., LONGO, F.A., OVIEDO-RONDON, E.O. et al. Modelling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. **Poultry Science**, v.84, p.1363-1369, 2005b

- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAKOMURA, N.K., SILVA, R., COUTO, H.P. et al. Modelling metabolizable energy utilization in broiler breeder pullets. **Poultry Science**, v.82, p.419-427, 2003.
- SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. **Poultry Science**, v.85, p.1421-1429, 2006.
- SANTOMÁ, G. Necessidades protéicas de lãs galinhas ponedoras. In: DE BLAS, C. y MATEOS, G. G. (ed.) **Nutricion y alimentación de gallinas ponedoras**. p. 71-114, 1991.
- SANTOS, M.W.; RIBEIRO, A.G.P.; CARVALHO, L.S. **Criação de galinha caipira para produção de ovos em regime semi-intensivo**. Manual Técnico 18. Niterói: Programa Rio Rural, 2009. 30p.
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C., YOUNG, R.J. **Nutrition of the Chicken**. 3 ed. M. L. Scott & Ass, Ithaca, 1982.
- SILVA, J. H. V.; SILVA, M. B.; JORDÃO FILHO, J. et al. Exigências de manutenção e de ganho em proteína e energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1209-1219, 2004a.
- \_\_\_\_\_. Exigências de manutenção e de ganho em proteína e energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 15 a 32 dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1220-1230, 2004b.
- SILVA, M.A. Trajetória do melhoramento genético de aves no Brasil. In: VIII Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal (Palestras), 2010. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2010.
- SILVA, R.D.M.; NAKANO, M. **Sistema caipira de criação de galinhas**. Piracicaba: 1998, 110p.
- SIQUEIRA, A.F. Criação, manejo e comercialização de galinhas caipiras e ovos. In: X Seminário Nordestino de Pecuária – PEC Nordeste, 2006. **Anais...** Fortaleza.
- SONG, C.L.; MA, Q.G.; GUO, H. et al. Comparative study of nitrogen metabolism and the nitrogen maintenance requirement in Lohmann Brown roosters and layers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.1, p. 49-53, 2010.

- VAN ES, A. J.H., JANSEN, H., VOGT, J. E. et al. Balance trials with laying hens. In: **Energy Metabolism of Farm Animals**. Zurich, p. 201-4, 1970.
- VAN KAMPEN, M. Activity and energy expenditure in laying hens. 1. The energy cost of nesting activity and oviposition. **Journal Agricultural Science**, v.86, p.471-473, 1976a.
- \_\_\_\_\_. Activity and energy expenditure in laying hens. 2. The energy cost of exercise. **Journal Agricultural Science**, v.87, p.81-84, 1976b.
- \_\_\_\_\_. Activity and energy expenditure in laying hens. 3. The energy cost of eating and posture. **Journal Agricultural Science**, v.87, p.85-88, 1976c.
- WALDROUP, P.W.; JOHNSON, Z.; BUSSELL, W. Estimating daily nutrient for broiler breeder hens. **Feedstuffs**, v.48, p.19-20, 1976.
- WARING, J.J.; BROWN, W.O. A respiration chamber for the study energy utilization for maintenance and production in the laying hen. **Journal Agricultural Science**, v.65, p.139-148, 1965.
- \_\_\_\_\_. Calorimetric studies on the utilization of dietary energy by the laying White Leghorn hen in relation to plane of nutrition and environmental temperature. **Journal Agricultural Science**, v.68, p.149-155, 1967.
- WARPECHOWSKI, M. B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 2005. 58f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- WOLYNETZ, M. S., SIBBALD, I. R. Need comparative slaughter experiments in poultry research. **Poultry Science**, Champaign, v. 66, p. 1961-72, 1987.

## CAPÍTULO 2

---

### **Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável para Galinhas Caipiras na Fase de Postura**

## Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável para Galinhas Caipiras na Fase de Postura

### RESUMO

Com o objetivo de estimar a exigência de energia metabolizável (EM) para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de postura e propor uma equação de predição das exigências de energia foram realizados quatro experimentos com delineamento inteiramente casualizado utilizando a técnica do abate comparativo. As variáveis ingestão de energia, energia retida no corpo e nos ovos e produção de calor das aves foram relacionadas através de equações de regressão para a obtenção das exigências diárias em EM para manutenção (EMm), eficiência de utilização da EM da dieta acima da manutenção e exigência de energia líquida para manutenção (ELm). A exigência de EM para o ganho de peso foi estimada em função do conteúdo de energia na carcaça e a eficiência de utilização de EM da dieta para ganho de peso através de abates semanais. A exigência de EM para a produção de ovos foi estimada considerando o teor de energia dos ovos e a eficiência de deposição da energia no ovo. A exigência e a eficiência de utilização da EMm foram 121,8 kcal de EM/kg<sup>0,75</sup>/dia e 0,68, respectivamente. A exigência de ELm foi de 82,38 kcal de EM/kg<sup>0,75</sup>/dia e a eficiência de utilização da EM acima da manutenção de 0,61. Como não houve variação nos pesos vivos e nos teores de energia na carcaça das aves durante o experimento para a determinação da exigência para ganho de peso, a mesma não foi estimada, sendo considerado zero o requerimento de EM para ganho de peso. A exigência e a eficiência de utilização de EM para a produção de ovos foram 2,48 kcal de EM/g de ovo produzido e 0,61, respectivamente. De acordo com os valores estimados de exigência de EM para manutenção, ganho de peso e produção de ovos, sugere-se a seguinte equação de predição da exigência energética para galinhas caipiras na fase de postura: EM (kcal/ave/dia) = 121,8\*P<sup>0,75</sup> + 2,48\*MO, em que P = peso corporal (kg) e MO = massa de ovos produzida (g/ave/dia).

**Palavras-chave:** abate comparativo, ave caipira, método fatorial, modelos preditivos, requerimento energético

## Prediction Equation of Metabolizable Energy Requirement of Free-Range Laying Hens

### ABSTRACT

In order to estimate the requirement of metabolizable energy (ME) for maintenance, weight gain and egg production of free-range laying birds in the production phase and develop a prediction equation of the energy requirements of four experimental trials were performed with a completely randomized design using the comparative slaughter technique. The variables energy intake, energy retained in the body and the eggs and heat production of birds were related by regression equations to obtain the daily requirements of ME for maintenance (ME<sub>m</sub>), efficiency of utilization of the diet above maintenance and net energy for maintenance (NE<sub>m</sub>). The ME requirement for weight gain was estimated by the energy content in carcass and efficiency of utilization of the diet to gain weight through weekly slaughter. The ME requirement for egg production was estimated by considering the energy content of eggs and the efficiency of energy deposition in the egg. The requirement and efficiency of utilization of ME<sub>m</sub> was 121.8 kcal EM/kg<sup>0.75</sup>/day and 0.68, respectively. The NE<sub>m</sub> requirement was 82.38 kcal EM/kg<sup>0.75</sup>/day and efficiency of utilization of ME above maintenance of 0.61. As there was no change in body weights and energy contents in the carcass of the bird during the test for determining the requirement for weight gain, the same could not be estimated and considered the application of zero for gain weight. The requirement and efficiency of utilization of ME for egg production were 2.48 kcal/g egg produced and 0.61, respectively. The equation for predicting energy requirements of free-range laying hens in the production phase was: ME (kcal/bird/day) = 121.8 \* W<sup>0.75</sup> + 2.48 \* ME, where W = body weight (kg) and ME = mass of eggs produced (g/bird/day).

**Keys-words:** comparative slaughter, energy requirements, factorial method, free-range chicken, predictive models

## INTRODUÇÃO

A criação de galinhas caipiras tem como principal finalidade a produção de carne e ovos de forma mais natural e menos estressante. Os ovos dessas aves apresentam características próprias que garantem ao produto grande aceitação no mercado. Além disso, um crescente número de consumidores, cada vez mais esclarecidos e preocupados com a melhoria da qualidade de vida e dispostos a pagar mais por um alimento natural e diferenciado, tem contribuído para o aumento da demanda de ovos caipiras. Entretanto, o manejo utilizado nas criações ainda é bastante empírico, principalmente devido à ausência de informações científicas sobre as exigências nutricionais, desempenho e qualidade da carne e dos ovos das diferentes linhagens de aves caipiras existentes.

De acordo com Chwalibog (1992), as exigências energéticas são calculadas pela soma das exigências de energia através da determinação de valores fixos para as exigências e eficiências de utilização da energia abaixo e acima da manutenção.

Através das medidas calorimétricas e dos ensaios de alimentação sugeridos por Grimbergen (1974) determina-se o balanço energético das aves, o qual, de acordo com as definições de Blaxter (1989), consiste na diferença entre a energia bruta do alimento consumido e as perdas de energia pelas excretas e pela produção de calor do metabolismo. A determinação dos componentes do balanço energético pode ser realizada por meio de câmara de respiração (WARING; BROWN, 1965), pelo método de abate comparativo (DAVIS et al., 1973) ou pelo método do balanço de carbono e nitrogênio (RISING et al., 1989).

De acordo com Blaxter (1989), no método do abate comparativo, a retenção da energia é determinada através da diferença entre a energia bruta contida no corpo de um grupo de aves no início e no final de um período experimental, constituindo uma medida direta da retenção de energia.

Após a determinação das medidas calorimétricas pelos diversos métodos, a segunda fase da determinação das exigências energéticas para as aves se baseia em analisar os dados pelos diferentes modelos de regressão (FARREL, 1974; SPRATT et al., 1990).

Várias equações de predição das exigências energéticas têm sido desenvolvidas ao longo do tempo para aves poedeiras em crescimento e produção (NRC, 1994; NEME et al., 2005; ROSTAGNO al., 2011), para matrizes pesadas em crescimento e produção (SAKOMURA et al., 2003; RABELLO et al., 2006) e para frangos de corte (SHALEV; PASTERNAK, 1998; LONGO et al., 2006).

No entanto, a maior parte dessas equações de predição foi desenvolvida para aves de linhagens de alta produção criadas em sistema intensivo, podendo não ser aplicadas às linhagens caipiras que possuem características próprias inerentes ao sistema de criação semi-intensivo.

Assim, objetivou-se com este trabalho estimar as exigências de energia metabolizável para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de postura através do método do abate comparativo, e, assim, propor uma equação de predição das exigências energéticas dessas aves.

## MATERIAL E MÉTODOS

### *Local e Instalações Experimentais*

O experimento foi realizado na Estação Experimental de Carpina, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Carpina, microrregião da Mata Setentrional do Estado de Pernambuco - Brasil, tendo como coordenadas geográficas 7°51'03''S de latitude, longitude de 35°15'17''W e uma altitude de 1,84 m.

Na determinação das exigências de energia metabolizável (EM) para manutenção, ganho de peso e produção de ovos foram utilizadas instalações semi-intensivas com oito abrigos de alvenaria com tela e cobertura de telha fibrocimento com repartições internas e acesso a um piquete limpo (desprovido de pasto ou qualquer tipo de vegetação) com área de 3 m<sup>2</sup>/ave limitado por tela. No ensaio de metabolismo foi utilizado um galpão com gaiolas para poedeiras (0,50 X 0,45 X 0,50 m) adaptadas com bandejas revestidas com plástico para facilitar a coleta das excretas.

### *Ensaaios Experimentais*

Foram realizados quatro experimentos de agosto a novembro de 2008, utilizando-se 528 galinhas poedeiras caipiras da linhagem Embrapa-051 (resultante do cruzamento entre as raças Rhode Island Red e Plymouth Rock Branca).

Em todos os ensaios foi fornecida uma ração formulada de acordo com as recomendações de exigências nutricionais do Manual de Criação da Linhagem Embrapa-051 (BASSI et al., 2006), conforme apresentado na Tabela 1.

As aves tinham acesso aos piquetes das 7 às 17 horas diariamente, sendo as mesmas identificadas com lacres plásticos coloridos e numerados para melhor controle.

A temperatura ambiente (máxima e mínima) e a umidade (%) foram registradas diariamente às 17h e as aves foram submetidas a um programa de luz de 17 horas de luz contínua. As temperaturas médias máxima e a mínima durante o experimento foram de 30°C e 22,1°C, respectivamente, assim como, a umidade relativa média máxima de 95,9% e a mínima de 42,4%.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais da dieta experimental na matéria natural.

Ingredientes	Composição da ração, %	Composição energética e nutricional calculada	
Milho grão	66,280	EMAn, kcal/kg	2800
Farelo de soja 45%	21,910	Proteína Bruta, %	15,50
Óleo de soja	0,680	Cálcio, %	3,700
Fosfato bicálcico	1,770	Fósforo disp., %	0,420
Calcário calcítico	8,303	Metionina, %	0,401
Sal comum	0,333	Met. + Cistina, %	0,630
DL-Metionina 99	0,065	Lisina, %	0,748
Lisina HCl 78,8	0,069	Treonina, %	0,523
Premix Vitam.-Mineral <sup>1</sup>	0,500	Triptofano, %	0,162
Bacitracina de Zn (15%)	0,040	Sódio, %	0,150
Maduramicin (1%)	0,050	Potássio, %	0,587
Total	100,00	Extrato etéreo, %	3,430
		Fibra bruta, %	2,330

<sup>1</sup> Quantidade/kg de Produto: Vit.A, 1600000 UI; Vit. D3, 400000 UI; Vit. E, 3000 UI; Vit. K3, 400 mg.; Vit. B2, 800 mg; Vit. B6, 200 mg; Vit. B12, 2000 mcg; niacina, 4000 mg; ác. Pantotênico, 1400 mg; ác. Fólico, 60 mg; biotina, 4 mg; manganês, 14000 mg; zinco, 12000 mg; ferro, 10000 mg; cobre, 1700 mg; iodo, 200 mg; selênio, 50 mg; cobalto, 40 mg; metionina, 200000 mg; colina, 36450 mg; antioxidante, 30000 mg; veículo q.s.p., 1000 mg.

### *Estimativa das Exigências de Energia Metabolizável para Manutenção*

Para a estimativa das exigências de EM para manutenção foram realizados dois experimentos concomitantemente. O primeiro para estimar a exigência de manutenção

pela técnica do abate comparativo e o segundo para estimar a energia metabolizável das dietas utilizadas pelo método da coleta total de excreta.

Em ambos os experimentos foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso, sendo quatro tratamentos com quatro repetições no experimento 1 e cinco repetições no experimento 2. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de alimentação: *ad libitum*, 80%, 60% e 40% em relação ao consumo *ad libitum*. A quantidade de ração fornecida às aves com restrição alimentar foi baseada no consumo do dia anterior das aves do grupo *ad libitum*.

No primeiro experimento, as parcelas experimentais foram formadas por 10 aves, sendo executado em seis semanas (entre a 34ª e 40ª semana de idade das aves) com uma semana de adaptação e cinco semanas de coleta de dados. Durante o período experimental foram medidos o consumo de ração, o ganho de peso e a produção de ovos.

Para quantificar a retenção de energia nas carcaças das aves foram sacrificadas oito aves no início e todas as aves das parcelas no final do período experimental. A partir dos teores médios de energia inicial e final presente na carcaça e nos ovos foi determinado o conteúdo de energia retida total (ER) no período. Calculando-se as ingestões de energia metabolizável (EMI) no período e a energia retida total (ER), por diferença determinou-se a produção de calor através da seguinte fórmula:  $PC = EMI - ER$ , onde: PC = produção de calor (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia), EMI = energia metabolizável ingerida (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia), ER = energia retida no corpo e nos ovos (kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia).

As variáveis ingestão de energia (EMi), energia retida (ER) e produção de calor (PC) foram relacionadas através de equações de regressão de acordo com o proposto por Farrel (1974) para a obtenção das exigências diárias em energia metabolizável para manutenção (EMm) e eficiência de utilização da EM da dieta ( $ER = a + b \cdot EMi$ ), e conforme Lofgreen e Garret (1968) para determinar a produção de calor do jejum, isto é, a exigência de energia líquida para manutenção ( $\log PC = a + b \cdot EMi$ ).

Foi realizado simultaneamente a esse experimento um ensaio de metabolismo da dieta utilizada. Como a restrição alimentar pode afetar o aproveitamento da energia dos alimentos pelos animais, foi determinada a EM das dietas de acordo com os níveis de alimentação utilizados no experimento. Foram utilizadas seis aves em cada parcela por um período de quatro dias de adaptação e quatro dias de coleta total de excretas. As

rações foram pesadas e fornecidas diariamente, calculando-se as quantidades dos grupos de restrição com base no consumo do dia anterior dos grupos *ad libitum*. Para estabelecer o início e o final das coletas foi adicionado um marcador nas rações (1% de óxido férrico) no primeiro e no último dia de coleta. A coleta diária das excretas foi realizada com a separação cuidadosa de fragmentos de ração, penas ou descamação da pele, sendo as mesmas acondicionadas em sacos plásticos identificados e congeladas.

Para o cálculo da energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) foi utilizada a fórmula descrita por Matterson et al. (1965):  $EMAn = ((EB \text{ ingerida} - EB \text{ excretada}) \pm 8,22 \times BN) / MS \text{ ingerida}$ , em que EMAn = energia metabolizável corrigida pelo balanço de nitrogênio, EB = energia bruta, BN = balanço de nitrogênio, MS = matéria seca.

O valor de EM da dieta ingerida determinado através do ensaio de digestibilidade foi utilizado nos cálculos para a estimativa das exigências.

#### ***Estimativa das Exigências de Energia Metabolizável para Ganho de Peso***

Para a estimativa das exigências de EM para o ganho de peso (EMg) foi utilizada a técnica do abate comparativo em delineamento inteiramente ao acaso com quatro parcelas experimentais de 30 aves cada, totalizando 120 aves com 33 semanas de idade.

O período experimental foi constituído de oito semanas, tendo uma semana de adaptação das aves ao ambiente e ao manejo semi-intensivo. Semanalmente, foi quantificado o peso individual e médio corporal e abatidas duas aves com o peso médio de cada grupo, objetivando determinar a composição de energia da carcaça.

Foi estimada a exigência de energia líquida por grama de ganho de peso (ELg) através do coeficiente de regressão da equação da energia bruta presente na carcaça (g) em função do peso corporal (g).

A eficiência de utilização de energia para ganho de peso foi estimada por meio da seguinte fórmula:  $kg = ERg / (EMI - EMm)$ , onde  $kg$  = eficiência da utilização da energia para ganho de peso,  $ERg$  = energia retida no ganho de peso ( $kcal/kg^{0,75}/dia$ ),  $EMI$  = energia metabolizável ingerida ( $kcal/kg^{0,75}/dia$ ) e  $EMm$  = energia metabolizável para manutenção ( $kcal/kg^{0,75}/dia$ ) calculada no ensaio anterior.

A partir desses resultados, a exigência de EMg foi estimada dividindo a ELg pela eficiência de utilização de energia para ganho de peso.

### ***Estimativa da Exigência de Energia Metabolizável para Produção de Ovos***

Para estimar a exigência de energia para a produção de ovos foram utilizadas 120 aves com 30 semanas de idade durante um período de nove semanas, tendo uma semana de adaptação. As aves foram distribuídas em quatro grupos de 30 aves, com o objetivo de se acompanhar semanalmente o peso corporal, a produção e o peso dos ovos.

A exigência de energia metabolizável para produção de ovos (EMo) foi estimada considerando-se a composição média de energia dos ovos dividido pela eficiência de utilização da energia ( $ko$ ). A eficiência de utilização da energia para produção de ovos ( $ko$ ) foi calculada considerando a energia retida no ovo (ERo) dividido pela energia metabolizável ingerida (EMI), descontando-se a energia metabolizável destinada para manutenção (EMm) e para ganho de peso (EMg) estimadas nos ensaios anteriores. Portanto,  $ko = ERo / [EMI - (EMm + EMg)]$ .

### ***Preparo das Amostras e Análises Laboratoriais***

O preparo e análises químicas das amostras experimentais foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Para se determinar a composição das carcaças nos ensaios de manutenção e ganho de peso, as aves foram submetidas a um jejum de 24 horas e sacrificadas por deslocamento cervical. Em seguida, foram pesadas e congeladas para serem processadas posteriormente. O processamento das carcaças completas consistiu em cozimento em autoclave vertical (Phoenix Inc., São Paulo, Brasil) a 127°C e 1 atm durante 5 horas e posterior homogeneização em liquidificador industrial (Skymesen Inc., Santa Catarina, Brasil) com capacidade de 8 L por 15 a 20 minutos de acordo com a metodologia descrita por Sibbald e Fortin (1982). Após o processamento, as amostras foram colocadas em placas de Petri, pesadas e congeladas em freezer, para então serem submetidas à secagem à vácuo a -54°C em liofilizador (Terroni Inc., São Paulo, Brasil) durante 48 horas. Em seguida, as amostras secas foram pesadas novamente e moídas em

moinho tipo bola para determinação dos teores de matéria seca em estufa a 105°C por 16 horas, nitrogênio pelo método de Kjeldahl, extrato etéreo pelo método de Soxhlet, matéria mineral em mufla a 600°C por 3 horas e energia bruta em bomba calorimétrica (Ika Works Inc., modelo C200, São Paulo, Brasil).

Para a quantificação da retenção de energia nos ovos das aves dos ensaios de manutenção e produção de ovos houve a coleta de uma amostra de seis ovos de cada parcela por semana, a qual foi homogeneizada em liquidificador por dois minutos. As amostras foram pesadas, congeladas e liofilizadas para a determinação dos teores de água, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta e matéria mineral, de acordo com a metodologia descrita anteriormente.

As excretas do ensaio de metabolismo foram homogeneizadas após descongelamento em temperatura ambiente para a retirada de uma amostra de cada parcela. Logo após, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas para promover a pré-secagem e, em seguida, moídas em moinho tipo faca, com peneira de 1 mm. Foram realizadas análises de matéria seca, nitrogênio e energia bruta nas excretas e na ração de acordo com a metodologia citada.

### ***Análises Estatísticas e Elaboração das Equações de Predição das Exigências Energéticas***

Em todos os ensaios os dados foram comparados usando o modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ , em que T refere-se a tratamento e  $e_{ij}$  consiste no erro experimental. Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo Teste F ( $P < 0,05$ ) utilizando a General Linear Models (GLM) do SAS (*Statistical Analysis System*, versão 9.1.3).

A partir dos resultados das exigências de EM para manutenção, ganho de peso e produção de ovos foram desenvolvidas equações para prever as exigências diárias de energia metabolizável para as aves de acordo com os modelos elaborados por Hurwitz e Bornstein (1973):  $EM \text{ (kcal/ave/dia)} = P^{0,75} \cdot EM_m + EM_g \cdot G + EM_o \cdot O$ , em que: EM = energia metabolizável; P = peso corporal das aves (kg);  $EM_m$  = exigência de EM para manutenção (kcal/ave/dia);  $EM_g$  = exigência de EM para ganho de peso (kcal/g de ganho de peso); G = ganho de peso diário;  $EM_o$  = exigência de EM para produção de ovos (kcal/g de ovo produzido); O = massa de ovos produzida (g).

### *Avaliação dos Modelos por Simulação*

Uma simulação dos cálculos das exigências de EM foi realizada aplicando-se nos modelos desenvolvidos os dados de produção conforme o Manual de Criação da Linhagem Embrapa 051 (BASSI et al., 2006), levando-se em conta peso vivo, ganho de peso, % postura, peso do ovo, massa de ovos e consumo semanal da 30<sup>a</sup> a 75<sup>a</sup> semana (Tabela 2). Foram realizados os cálculos das exigências de EM para manutenção, ganho de peso e produção de ovos e exigência total de EM através das equações proposta neste trabalho, comparando-se então com a exigência total de EM proposta pelo Manual de Criação da linhagem utilizada.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### *Energia Metabolizável Aparente da Dieta*

Os dados de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) da dieta experimental em cada nível de restrição alimentar são apresentados na Tabela 3.

A análise estatística indicou que não houve diferença entre os valores de EMA e EMAn das dietas das aves quando submetidas aos diferentes regimes alimentares, ou seja, o aproveitamento metabólico da energia não foi influenciado pelo nível de ingestão da ração.

Resultados semelhantes foram verificados por Basaglia (1999), que não encontrou diferença significativa entre os valores de EMAn das dietas de poedeiras leves submetidas a diferentes níveis de alimentação (à vontade, 25%, 45% e 65% de restrição) sob temperatura constante de 12°C. Entretanto, nas temperaturas constantes de 22°C e 31°C, as aves submetidas à restrição alimentar apresentaram uma redução significativa da EMAn em comparação às aves alimentadas à vontade.

Tabela 2. Dados de peso médio, ganho de peso (GP), postura, peso dos ovos, massa dos ovos (MO) e consumo de aves poedeiras de acordo com o Manual da linhagem Embrapa 051

Idade semanas	Peso	GP	Postura	Peso ovo	MO	Consumo
	kg		%	g	g/ave/dia	
30	2,23	0,02	87	59,3	51,59	116
31	2,25	0,02	88	59,6	52,45	118
32	2,27	0,02	88	59,9	52,71	120
33	2,29	0,02	87	60,3	52,46	120
34	2,31	0,02	87	60,6	52,72	120
35	2,33	0,02	87	60,9	52,93	120
36	2,35	0,02	86	61,3	52,72	120
37	2,37	0,02	86	61,6	52,98	120
38	2,39	0,02	86	61,9	53,23	120
39	2,41	0,02	85	62,2	52,87	120
40	2,43	0,01	85	62,4	53,04	120
41	2,44	0,01	85	62,6	53,21	119
42	2,45	0,01	84	62,8	52,75	119
43	2,46	0,01	84	63	52,92	119
44	2,47	0,01	83	63,1	52,37	119
45	2,48	0,01	83	63,2	52,46	119
46	2,49	0,01	83	63,3	52,54	118
47	2,5	0,01	82	63,4	51,99	118
48	2,51	0,01	82	63,4	51,99	118
49	2,52	0,01	81	63,5	51,44	118
50	2,53	0,01	80	63,5	50,8	118
51	2,54	0,01	80	63,6	50,88	117
52	2,55	0,01	79	63,6	50,24	117
53	2,56	0,01	78	63,7	49,69	117
54	2,57	0,01	78	63,7	49,69	117
55	2,58	0,01	77	63,8	49,13	117
56	2,59	0,01	76	63,8	48,49	116
57	2,6	0,01	76	63,9	48,56	116
58	2,61	0,01	75	63,9	47,92	116
59	2,62	0,01	74	64	47,36	116
60	2,63	0,01	74	64	47,36	116
61	2,64	0,01	73	64,1	46,79	115
62	2,65	0,01	73	64,1	46,79	115
63	2,66	0,01	72	64,2	46,22	115
64	2,67	0,01	72	64,2	46,22	115
65	2,68	0,01	71	64,3	45,65	115
66	2,69	0,01	70	64,3	45,01	114
67	2,7	0,01	69	64,4	44,44	114
68	2,71	0,01	68	64,4	43,79	114
69	2,72	0,01	67	64,5	43,22	113
70	2,73	0,01	66	64,5	42,57	113
71	2,74	0,01	65	64,6	41,99	112
72	2,75	0,01	64	64,6	41,34	112
73	2,76	0,01	63	64,7	40,76	111
74	2,77	0,01	62	64,7	40,11	110
75	2,78	0,01	61	64,8	39,53	108

Tabela 3. Médias e desvios padrão da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) com base na matéria natural de galinhas caipiras de acordo com os níveis de restrição alimentar.

Tratamento	kcal/kg	
	EMA	EMAn
<i>Ad libitum</i>	3019±30	2903±31
20% restrição	2965±15	2856±15
40% restrição	2951±42	2845±39
60% restrição	2951±109	2863±88
Média	2972	2867
Coeficiente de variação (CV) %	2,04	1,78
Significância	ns	ns

ns: não significativo ( $p>0,05$ )

Todavia, tais resultados são diferentes dos encontrados por Silva (1999), que verificou um efeito significativo do nível de ingestão da dieta de matrizes pesadas em crescimento sobre a EMAn, sendo que as aves alimentadas à vontade apresentaram um menor valor em relação aos níveis de restrição alimentar. Do mesmo modo, Rabello (2001) verificou aumento nos valores de EMAn quando matrizes pesadas em produção foram submetidas à restrição alimentar em três diferentes temperaturas controladas (13, 21 e 30°C). Rabello (2001) sugeriu que essas diferenças podem estar relacionadas ao menor aproveitamento da dieta quando as aves são alimentadas à vontade devido ao maior volume de ração no trato gastrointestinal reduzindo a eficiência de atuação das enzimas digestivas e menor absorção dos nutrientes.

De acordo com Basaglia (1999), as diferenças nos valores de EMAn podem estar relacionados às variações entre as linhagens (matrizes pesadas e poedeiras), uma vez que as eficiências de utilização de energia da dieta podem diferir em função deste parâmetro.

O consumo de ração pode ter sido o principal fator relacionado às diferenças nas respostas das aves, visto que galinhas de postura comercial e caipiras apresentam uma ingestão de ração bem menor que reprodutoras pesadas, o que pode ter contribuído para que as aves alimentadas à vontade tivessem o mesmo aproveitamento energético que àquelas em restrição alimentar. Além disso, a variação da temperatura ambiente ao longo do dia durante o experimento (máxima de 30°C e mínima de 22,1°C) também contribuiu para que houvesse um ajuste no consumo alimentar das aves de acordo com a

temperatura, o que não ocorreu nos experimentos discutidos anteriormente por terem sido realizados em câmaras climáticas com temperaturas constantes.

### *Exigência de Energia Metabolizável para Manutenção*

Os valores do consumo de ração, da ingestão de EMAn, da retenção de energia na carcaça e nos ovos e da produção de calor das aves encontram-se na Tabela 4. Observou-se que à medida que o nível de restrição aumentou, a ingestão de EMAn, a retenção de energia e a produção de calor reduziram, ocorrendo ainda retenção negativa de energia nas aves submetidas às restrições alimentares mais severas (40% e 60% de restrição).

Tabela 4. Médias do consumo diário de ração, ingestão de EMAn (EMI), retenção de energia em carcaça e ovos (ER) e produção de calor (PC) das aves submetidas aos diferentes regimes alimentares durante o período experimental.

Tratamento	Consumo g/ave/dia	EMI			ER			PC		
		(kcal/kg <sup>0,75</sup> /dia ± desvio padrão)								
Ad libitum	99,03±3,82	184,97±7,47	39,84±4,01	145,13±9,58						
20% restrição	80,16±0,38	150,69±1,12	14,81±2,92	135,88±2,41						
40% restrição	60,66±0	114,23±2,07	-2,91±2,14	117,14±3,04						
60% restrição	40,42±0	78,97±0,56	-26,53±2,38	105,5±2,64						

Sakomura et al. (2003) também verificaram que matrizes pesadas em crescimento submetidas a 81% de restrição apresentaram valores negativos de retenção energética nas temperaturas de 15, 22 e 30°C. Do mesmo modo, poedeiras leves e semipesadas em crescimento submetidas a 50 e 65% de restrição apresentaram valores negativos de retenção de energia (NEME et al., 2005). Além disso, de acordo com Sakomura et al. (2005), poedeiras leves em produção apresentaram retenção negativa de energia quando submetidas a 65% de restrição nas temperaturas 12, 22 e 31°C, assim como frangos de corte com 60% de restrição apenas na temperatura de 32°C (LONGO et al., 2006).

Ao estudarem o balanço energético de linhagens comerciais de postura durante 27 dias, Jalaludin et al. (1979) observaram que as aves sob restrição alimentar apresentaram perda de energia corporal mais rápida nos primeiros 12 dias, estabilizando após o período inicial. Os autores verificaram que a restrição de 250 kcal/dia na ingestão de EM pelas poedeiras não teve efeito significativo sobre a produção de ovos,

portanto, a produção foi mantida à custa do peso corporal, sendo que, nas restrições mais severas houve também redução no tamanho do ovo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Degen et al. (1988) com poedeiras leves em produção, os quais verificaram que as respostas de aves poedeiras à restrição alimentar depende em grande parte do nível e duração da restrição e das reservas energéticas no corpo das aves. Os autores observaram que, inicialmente, as aves mantiveram a produção e a massa normal de ovos em detrimento às reservas corporais, porém, com a exaustão dessas reservas, a produção foi mantida à custa da redução na massa de ovos.

Através da equação de regressão linear da energia retida em função da ingestão de EMAn foi estimada a exigência de EM para manutenção de  $121,8 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$  e a eficiência de utilização da energia acima da manutenção (*kgp*) de 0,61 (Figura 1). A exigência de energia líquida para manutenção ( $ELm = 82,38 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) foi obtida através da regressão exponencial da produção de calor em função da ingestão de EMAn, sendo a eficiência de utilização da energia para manutenção (*km*) de 0,68, calculada através da relação entre a  $ELm$  e a  $EMm$  (Tabela 5).

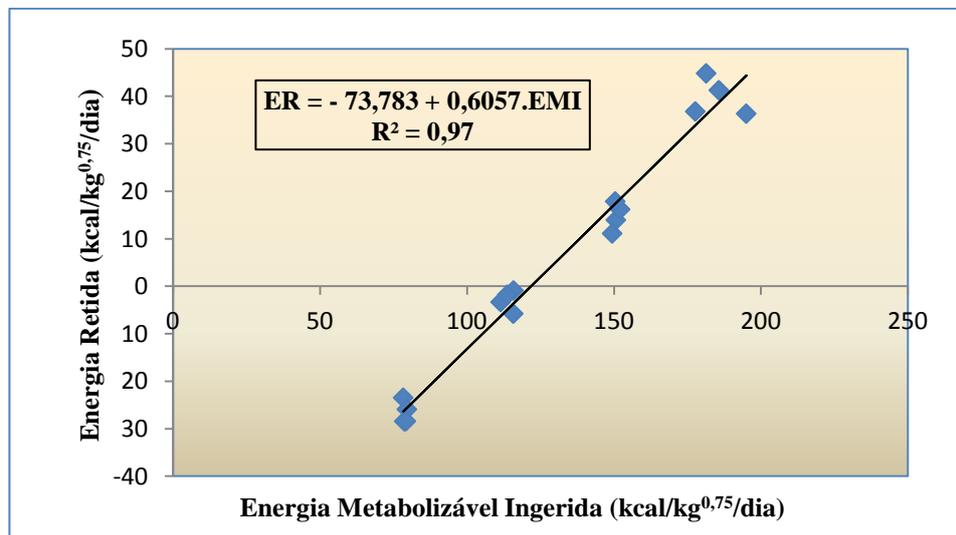


Figura 1. Relação entre a EM aparente ingerida e energia retida na carcaça e nos ovos.

Tabela 5. Equações de regressão da energia retida (ER) e da produção de calor (PC) em função da ingestão de EMAn (EMI), valores de EM para manutenção (EMm), EL para manutenção (ELm) e eficiência de utilização da energia para manutenção (*km*) e acima da manutenção (*kgp*).

Equação	R <sup>2</sup>	Exigência (kcal/kg <sup>0,75</sup> /dia)	Eficiências
ER = -73,783 + 0,6057.EMI	0,97	EMm = 121,8	<i>kgp</i> = 0,61
PC = 82,381.e <sup>0,0031.EMI</sup>	0,95	ELm = 82,38	<i>km</i> = 0,68

A exigência da EM para manutenção de 121,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia estimada no presente estudo foi semelhante às exigências verificadas por Burlacu e Baltac (1971) de 125,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para poedeiras leves através de calorimetria direta, por Jadhao et al. (1999b) de 119,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para galinhas Rhode Island Red através do método do abate comparativo e por Jadhao et al. (1999a) de 127,9 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (Rhode Island Red) e 139,3 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (White Leghorn) utilizando a técnica do balanço do carbono e nitrogênio.

Entretanto, diversos valores encontrados na literatura para aves poedeiras em produção mantidas em gaiolas são inferiores aos encontrados neste trabalho. Em diferentes estudos foram obtidos resultados de exigência de EMm de 115 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (WARING; BROWN, 1967); 92,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (BALNAVE et al., 1978); 111,1 kcal.kg<sup>0,75</sup>/dia (REID et al., 1978); 112,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (RISING et al., 1989) e 111,98 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia (SAKOMURA et al., 2005) para poedeiras em produção.

De acordo com Klasing (1998), a exigência energética de manutenção inclui a energia necessária para a taxa metabólica basal, incremento calórico, termorregulação e atividade física, e é sempre maior que a exigência basal, sendo que tal aumento depende dos hábitos da ave e do meio em que vive.

A variação nos valores de exigência de EMm se deve a diversos fatores inerentes ao animal e ao ambiente, e dentre eles destacam-se a temperatura (PEGURI; COON, 1993), o empenamento (BALNAVE, 2004), a composição corporal (SAKOMURA, 2004), a genética (GERAERT et al., 1988) e a atividade física (VAN KAMPEN, 1976b).

O valor superior de EM para manutenção estimado neste estudo em relação aos valores encontrados na literatura pode estar associado a diferenças genéticas de

temperamento e composição corporal, ao grau de empenamento, à temperatura ambiente e, principalmente, ao sistema de criação. Como as aves caipiras foram mantidas em abrigos com acesso a piquetes por um período de 10 horas diárias, houve, então, uma maior produção de calor e gasto energético devido à atividade física mais intensa com a manifestação do comportamento das galinhas em condições naturais de criação, tais como caminhar, correr, bicar, ciscar e deitar no solo (banho de areia).

Em um estudo realizado com poedeiras de 62 semanas de idade, Boshouwers e Nicaise (1985) verificaram que 25% da produção total de calor foram devido à atividade física, e que, a diferença na produção de calor entre o dia ( $122 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) e a noite ( $88 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) confirma o efeito da luminosidade sobre a mesma.

Do mesmo modo, Li et al. (1991) avaliaram a variação na produção de calor de poedeiras durante o dia e observaram que a produção média de calor durante o período escuro foi 33% menor do que durante o período de luz, sendo que 76% dessa diferença estava relacionada com a atividade física e pastejo. Esses autores verificaram também que a atividade de alimentação representou cerca de 5% da produção de calor ou 3% da EM ingerida. Resultados semelhantes foram encontrados por Van Kampen (1976c), que observou um aumento de 37% na produção de calor das aves durante a alimentação, devido principalmente à ação de comer e não ao trabalho de digestão.

Van Kampen (1976b) também estimou o custo energético da ação de correr de galinhas White Leghorn em câmaras respiratórias de circuito aberto e verificou que a taxa metabólica aumenta linearmente com a velocidade de corrida das aves e, que na velocidade de 1 e 2 km/h foi 53-65% maior do que a taxa metabólica de repouso.

Além disso, Saiful et al. (2002) estimaram a produção de calor para as atividades físicas de poedeiras em diferentes temperaturas e concluíram que ocorre alteração na atividade física e redução do gasto de energia para a manutenção com o aumento da temperatura.

Rabello et al. (2004) ao avaliarem os efeitos da temperatura ambiente e do sistema de criação sobre as exigências de EMm de aves reprodutoras pesadas na fase de produção verificaram que as exigências das aves criadas em piso nas temperaturas de 13, 21 e 30°C ( $130,83$ ;  $112,8$  e  $110,97 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ , respectivamente) foram superiores às das aves mantidas em gaiola ( $111,17$ ;  $91,51$  e  $88,49 \text{ kcal/kg}^{0,75}/\text{dia}$ ) nas três temperaturas avaliadas. De acordo com os autores, a diferença nas exigências

energéticas das aves alojadas em piso e em gaiola foi devido aos maiores gastos de energia com atividade muscular para locomoção e maior produção de calor das aves no piso.

A eficiência de utilização da energia para manutenção ( $km = 0,68$ ) estimada para as poedeiras caipiras neste trabalho foi inferior aos valores estimados de 0,83 para poedeiras pesadas (WARING; BROWN, 1965) e 0,86 e 0,78 para poedeiras leves (WARING; BROWN, 1967 e BURLACU; BALTAC, 1971, respectivamente). Porém foi semelhante às eficiências de 0,67 para galinhas Rhode Island Red (JADHAO et al., 1999b) e 0,71 para matrizes pesadas e poedeiras leves (RABELLO et al., 2004; SAKOMURA et al., 2005), e superior ao valor de 0,62 para poedeiras leves obtido nos trabalhos de Reid et al. (1978) e Rising et al. (1989).

Ao comparar os resultados das exigências energéticas de galinhas Rhode Island Red obtidas em ensaios experimentais utilizando as técnicas do balanço de C e N e do abate comparativo, Jadhao et al. (1999a, 1999b) verificaram que a EMm foi similar (119,8 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia no abate comparativo e 127,9 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia no balanço de C e N), porém a eficiência de utilização da energia para manutenção foi 8,6% menor e a ELM foi 7 kcal/kg<sup>0,75</sup> menor quando se utilizou o abate comparativo. Os autores comentam que, na maior parte dos ensaios calorimétricos, os valores de eficiência ( $km$ ) determinados são mais altos por não haver distinção entre a energia do alimento e a do corpo (a qual pode ser mobilizada para a produção).

A eficiência de utilização da EM acima da manutenção ( $kgp = 0,61$ ) foi obtida na regressão relacionando a energia retida na carcaça e nos ovos à energia ingerida pelas aves submetidas aos diferentes regimes alimentares (*ad libitum*, 20, 40 e 60% de restrição). Apesar dos valores de  $kgp$  serem escassos na literatura, o valor de 0,61 obtido neste trabalho está condizente com valores citados por Sakomura (2004), que variam entre 0,59 para frangos de corte a 0,69 para poedeiras em gaiolas.

Neste estudo, o valor da eficiência de utilização da energia para manutenção ( $km = 0,68$ ) foi superior ao valor da eficiência de utilização da energia acima da manutenção ( $kgp = 0,61$ ).

De acordo com Blaxter (1989), a eficiência de uso da energia metabolizável com consumo de energia abaixo da manutenção é maior do que a eficiência acima da manutenção. Isso se explica pelo menor custo energético metabólico quando os substratos

para a oxidação são a gordura e proteína depositadas em comparação ao custo energético quando o metabolismo de nutrientes ingeridos está também combinado com a síntese e deposição tecidual, normalmente acompanhado de uma maior taxa de “turnover” protéico (WARPECHOWSKI, 2005).

A regressão da produção de calor em função da EMAn ingerida expressa da forma de uma exponencial forneceu a exigência líquida de manutenção (ELm) quando a ingestão de EMAn foi extrapolada a zero (Figura 2). Então, a produção de calor das aves em jejum forneceu a exigência de ELm de 82,38 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia.

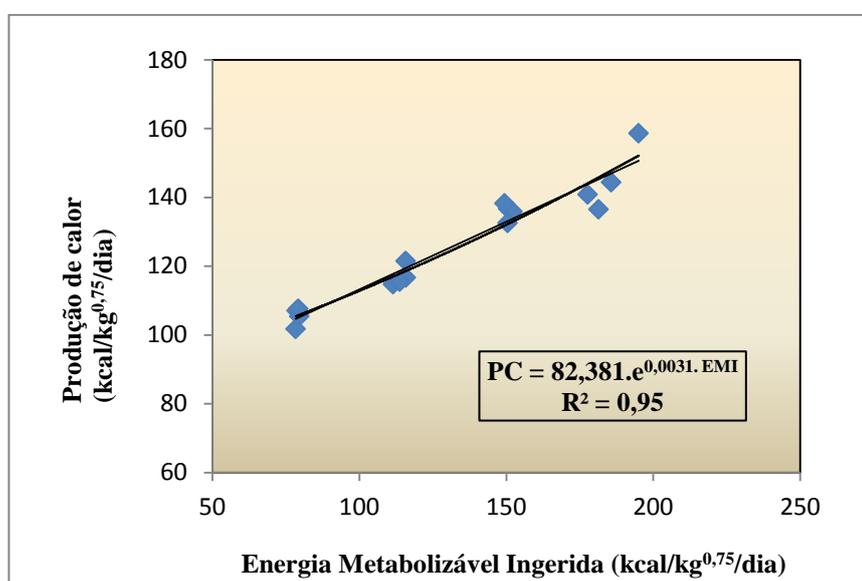


Figura 2. Relação entre a EM aparente ingerida e produção de calor.

Em animais alimentados, a produção de calor é composta pelo metabolismo basal, incremento calórico e calor produzido pela atividade física. Porém, quando o consumo é zero, o incremento calórico também é zero e os componentes da produção de calor são o metabolismo basal e o calor da atividade física, que podem ser considerados igual à exigência de ELm (LOFGREEN; GARRET, 1968).

São encontrados na literatura valores inferiores de ELm para poedeiras ou reprodutoras em produção ao determinado neste trabalho. Reid et al., (1978) determinaram a exigência de ELm de 69,28 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia para poedeiras leves. De acordo com Rabello et al. (2004), as exigências de ELm para matrizes pesadas em produção foram de 77,83; 62,50 e 59,19 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, respectivamente, nas temperaturas ambientes de 13, 21 e 30°C. Enquanto que, Sakomura et al. (2005)

trabalhando com poedeiras leves encontraram valores de 100,04; 79,85; 69,15 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia de exigência de ELM nas temperaturas de 12, 22 e 31°C, respectivamente.

Entretanto, o valor de ELM de 80,7 kcal/kg<sup>0,75</sup>/dia, definido por Jadhao et al. (1999b) para galinhas Rhode Island Red em postura alojadas em gaiolas com temperatura ambiente de 20 a 25°C foi semelhante ao valor de ELM estimado neste trabalho para poedeiras caipiras.

De acordo com Johnson (1983), diversos fatores podem influenciar a exigência de ELM das aves domésticas, dentre os quais estão o estado reprodutivo, sexo, plumagem, genótipo, clima, idade e atividade física.

### ***Exigência de Energia Metabolizável para Ganho de Peso***

De acordo com o peso e a composição corporal das aves a cada semana (Tabela 6), verificou-se uma pequena redução nos teores de água e de proteína e um aumento nos teores de gordura e energia das carcaças nas duas últimas semanas do período experimental, porém não houve variação nos pesos das aves, sendo a média de peso na primeira e última semana de 1771,5 g e 1799,5 g, respectivamente.

Tabela 6. Médias e desvios padrão dos pesos das aves e composição corporal com base no peso vivo no período de 33 a 40 semanas de idade.

Idade semanas	Peso vivo <sup>1</sup>	Água	Proteína	Cinzas	Gordura	Energia Bruta kcal
		g				
33	1771,5±77	1102,4±43	328,2±21	66,4±5	227,7±25	3844,1±293
34	1808,4±65	1094,8±43	326,8±12	68,7±1	292,5±31	4453,5±388
35	1745,7±57	1055,2±45	327,4±13	70,7±4	252,1±39	4100,3±393
36	1773,8±32	1096,1±82	328,1±33	73,0±7	227,8±60	3951,3±572
37	1760,3±64	1082,3±71	306,5±36	71,2±11	267,8±102	4105,4±410
38	1821,5±45	1100,3±39	335,1±11	80,6±9	297,5±31	4287,4±419
39	1813,0±67	1092,3±34	313,5±27	70,0±8	286,6±26	4491,6±172
40	1799,5±34	1055,7±46	318,5±26	67,9±7	313,6±53	4635,1±382
Média	1786,7±28	1084,9±19	323,0±9	71,0±4	270,7±32	4233,6±279

<sup>1</sup> Peso vivo em jejum

A redução nos teores de água e proteína e o aumento nos teores de gordura e energia das carcaças das aves com o avançar da idade também foram observados por Sakomura et al. (2005) em poedeiras leves da 20<sup>a</sup> a 36<sup>a</sup> semana de idade e por Rabello et al. (2006) em matrizes pesadas da 26<sup>a</sup> a 33<sup>a</sup> semana de idade. As aves com o avançar da

idade diminuem a taxa de deposição proteica e aumentam o teor de gordura corporal, principalmente a partir da maturidade sexual, pois a maior parte da proteína consumida é destinada à produção de ovos.

As exigências de EM para ganho de peso foram estimadas através do método do abate comparativo com abates semanais de duas aves com o peso médio do grupo. No entanto, a regressão linear da energia bruta presente na carcaça em função do peso corporal em jejum a cada semana não apresentou ajuste por não ter havido variação no peso corporal e na composição energética das aves durante o período. Neste caso, não houve exigência de EM para ganho de peso e as aves durante o período avaliado utilizaram a energia para atender às suas exigências de manutenção e produção de ovos.

Na literatura têm sido relatadas variações nos coeficientes de EM para o ganho de peso, as quais são atribuídas principalmente às diferenças na composição corporal. Albino et al. (1994) e Neme et al. (2005) encontraram valores de exigência de EM para ganho de peso para poedeiras em crescimento de 3,25 kcal/g de ganho e 6,32 kcal/g de ganho, respectivamente. Para aves poedeiras em produção, Sakomura et al. (2005) determinaram a exigência de 6,68 kcal/g de ganho, enquanto que, Rabello et al. (2006), trabalhando com matrizes pesadas em produção, verificaram uma exigência energética de 7,62 kcal/g de ganho de peso. Longo et al. (2006) verificaram que as exigências para ganho de peso de frangos de corte machos nas três fases de criação: 1 a 21 dias, 22 a 42 dias e 43 a 56 dias foram 3,718, 4,209 e 4,511 kcal/g de ganho, respectivamente.

As equações de predição das exigências energéticas de galinhas poedeiras recomendadas pelo NRC (1994) e por Rostagno et al. (2011) levam em conta a exigência de EM para ganho de peso, tendo como coeficientes 5,50 e 7,62 kcal de EM/g de ganho de peso, respectivamente.

Segundo Scott et al. (1982), as exigências de energia para ganho de peso em aves devem ser cuidadosamente avaliadas, pois diferenças na composição corporal, taxa de crescimento e, conseqüentemente, nas deposições de proteína e gordura existem entre os animais de diferentes sexos e linhagens.

De acordo com Sakomura et al. (2005), a EM para ganho de peso é diretamente dependente da composição corporal. Para as aves em produção, a determinação da eficiência energética para ganho de peso raramente é determinada em função da

dificuldade em separar a energia ingerida direcionada para ganho de peso da energia destinada à produção de ovos.

Em vista disso, Rabello et al. (2006) estimaram a eficiência de utilização de energia para o ganho de peso de matrizes pesadas ( $kg = 0,47$ ) inibindo a produção de ovos dessas aves através do fornecimento de apenas luz natural e de uma dieta com baixo nível de cálcio (4,66 g/kg de ração). Entretanto, é necessário considerar que a interrupção da postura pode acarretar alterações metabólicas, e, conseqüentemente, fornecer resultados questionáveis sobre a eficiência energética para ganho de peso.

Por outro lado, alguns autores ao determinarem as exigências energéticas de aves poedeiras em postura dividiram a energia metabolizável apenas em energia para manutenção e produção, não levando em consideração a energia para ganho de peso nas equações de predição (WARING; BROWN, 1965, 1967; BURLACU; BALTAÇ, 1971; GRIMBERGEN, 1974; BALNAVE et al., 1978).

Segundo Brody (1968), a eficiência líquida de utilização de energia é estimada matematicamente através da partição da energia do alimento consumido em três utilidades: produção de ovos, manutenção e ganho ou perda de peso corporal, sendo que na equação de predição estimada a energia envolvida no ganho ou na perda de peso é considerada a mesma, mudando-se apenas o sinal. Entretanto, como a fração do alimento usada para a variação de peso corporal de galinhas em postura é relativamente insignificante, os cálculos de exigência de energia para poedeiras tendem a ser simplificados.

Balnave et al. (1978) ainda salientam que, depois do pico de postura, a necessidade de energia para ganho de peso corporal de galinhas poedeiras é muito pequena. Porém, antes dessa fase, essa exigência dependerá da taxa diária de ganho necessária para atingir o pico, a qual está relacionada ao nível de restrição que foi aplicado às aves durante o crescimento.

### ***Exigência de Energia Metabolizável para Produção de Ovos***

Na Tabela 7 estão relacionados o consumo de ração, a massa e o teor de energia dos ovos produzidos pelas poedeiras caipiras no período de 33 a 40 semanas de idade.

De acordo com os parâmetros avaliados, mesmo ocorrendo variação no consumo de ração e na massa de ovos com o avanço da idade das aves, o teor de energia dos ovos foi constante em todo o período experimental.

Tabela 7. Médias e desvios padrão do consumo de ração, massa de ovo produzida e composição energética dos ovos durante o período de 33 a 40 semanas de idade.

Idade semanas	Consumo de ração	Massa de ovos	Energia dos ovos
	g/ave/dia		kcal/g
33	116,2±5,9	50,4±0,9	1,47±0,07
34	101,0±3,1	50,0±2,1	1,48±0,07
35	102,5±3,5	46,5±1,7	1,48±0,03
36	108,4±4,7	44,9±3,3	1,44±0,08
37	110,0±3,9	44,2±0,9	1,49±0,06
38	108,7±4,7	44,0±1,9	1,47±0,04
39	106,5±3,8	43,9±1,8	1,47±0,05
40	107,9±4,7	44,2±2,5	1,45±0,08
Média	107,5±4,4	46,0±2,7	1,47±0,01

A composição energética média do ovo de 1,47 kcal/g verificada neste trabalho foi semelhante aos teores de 1,55 kcal/g de ovo (BALNAVE et al., 1978); 1,49 kcal/g de ovo (SAKOMURA et al., 2005) e 1,54 kcal/g (RABELLO et al., 2006), porém foi inferior aos observados por Brody (1968) e Sibbald (1979) de 1,60 kcal/g de ovo e por Chwalibog (1992) de 1,79 kcal/g de ovo.

De acordo com Chwalibog (1992), a composição química dos ovos depende da idade e genética das aves, ocorrendo, portanto, variação na quantidade de energia depositada como proteína e gordura durante o período de postura.

A eficiência de utilização da EM para a produção de ovos ( $ko$ ) foi calculada através da divisão da energia retida no ovo pelo teor de EM ingerida descontando-se o valor de energia utilizada para a manutenção, resultando em uma eficiência média de 0,61 no período experimental (Tabela 8). Este valor foi igual à eficiência de utilização acima da manutenção ( $k_{gp} = 0,61$ ) obtida através do coeficiente de regressão da energia retida no corpo e nos ovos em função da EM ingerida.

A exigência de EM para a produção de ovos foi calculada dividindo-se o teor de energia do ovo (1,47 kcal/g) pela eficiência de utilização da energia para produção (0,61), resultando em 2,41 kcal de EM/g de ovo produzido. Este valor foi semelhante à

exigência de EM para produção de ovos de 2,40 kcal de EM/g ovo obtida para poedeiras leves (SAKOMURA et al., 2005) e para matrizes pesadas (RABELLO et al., 2006).

Tabela 8. Médias e desvios padrão dos valores de ingestão de EMAn (EMI), exigência de energia para manutenção (EMm), energia retida nos ovos (ERo) e eficiência de utilização de energia para a produção de ovos (*ko*).

Idade (semanas)	EMI	EMm <sup>1</sup> kcal/ave/dia	ERo	<i>ko</i> <sup>2</sup>
33	333,9±17	199,8±1,7	74,3±3,6	56±8,8
34	293,0±9,1	198,2±1,3	74,0±2,5	79±6,6
35	297,4±10,2	198,1±1,4	68,7±2,7	70±6,0
36	314,4±13,6	198,6±2,1	64,6±1,2	56±6,6
37	318,9±11,2	198,2±2,1	65,6±2,2	55±3,9
38	315,3±13,7	197,9±2,0	64,6±3,9	55±5,5
39	308,8±10,9	198,0±1,9	64,4±3,1	59±5,7
40	313,0±13,6	196,1±2,2	64,3±6,9	55±2,6
Média	311,8±12,7	198,1±1,0	67,6±4,3	61±6,0

<sup>1</sup> EMm = 121,8\*kg<sup>0,75</sup>

<sup>2</sup> *ko* = ERo/(EMI – EMm)

Entretanto, os valores encontrados na literatura variam entre 1,92 kcal/g (SAKOMURA et al., 1993) a 3,15 kcal/g (COMBS, 1968) sendo essa alta variabilidade devido, principalmente, às diferenças nas eficiências de utilização da EM para a produção de ovos.

Em trabalhos pioneiros, foram sugeridas eficiências de utilização da energia para a produção de ovos em torno de 0,80 como foi proposto por Waring e Brown (1967), Brody (1968), Burlacu e Baltac (1971) e Balnave et al. (1978).

Todavia, valores semelhantes ao determinado neste estudo foram encontrados por Reid et al. (1978) que verificaram uma eficiência de 0,63 em aves poedeiras; assim como Sakomura et al. (2005) e Rabello et al. (2006), que obtiveram valores de eficiências de utilização de EM para produção de ovos de 0,62 para poedeiras leves e 0,64 para matrizes pesadas, respectivamente. Valores de eficiência superestimados podem ocasionar subestimativa das exigências energéticas para produção de ovos.

Grimbergen (1974) relatou que valores de eficiência de utilização de energia para produção de ovos extremamente altos (*ko* = 0,80) determinados durante ensaios calorimétricos são imprecisos, pois o calorímetro não é capaz de distinguir entre o calor liberado a partir do alimento e o calor liberado pelo corpo. Ao utilizar dados de produção obtidos em condições práticas de alojamento (gaiolas ou piso) e em ambiente

não controlado, o autor verificou que a eficiência com que a EM do alimento foi convertida em energia do ovo variou entre 48,5 e 59,5% quando as mesmas equações de predição elaboradas a partir de ensaios calorimétricos foram utilizadas. Isto confirma então que as condições laboratoriais dos ensaios calorimétricos têm um grande efeito na variação das estimativas do metabolismo energético.

Segundo Johnson (1983), uma das maiores dificuldades encontradas na aplicabilidade de medidas calorimétricas em situações práticas consiste na diferença na habilidade de termorregulação de diferentes aves, pois a produção de calor, a exigência de EMm e o consumo de EM são marcadamente influenciados pela cobertura de penas e temperatura do ambiente.

De acordo com Byerly et al. (1980), a EM ingerida acima da manutenção não retida é utilizada durante o processo de formação do tecido ou do ovo e até mesmo durante a postura. Ao eclodir, o ovo apresenta a temperatura do corpo da ave e perde calor para o meio durante o processo.

Scanes et al. (1987) relatam que a exigência energética para a produção de ovos é considerável, pois inclui não apenas os nutrientes transferidos para o ovo, como também a síntese de ácidos graxos e precursores da gema e proteína do albúmen, o transporte desses precursores para o ovo, a formação da casca, o movimento do ovo através do oviduto e a manutenção dos órgãos reprodutivos.

Entretanto, Van Kampen (1976a) afirma que o gasto energético para a eclosão do ovo é mínimo e que o aumento da produção de calor e da temperatura corporal antes e durante a oviposição está relacionado com o aumento da atividade locomotora das galinhas no momento da postura.

Existem fortes evidências de que há diferenças genéticas na eficiência do uso da energia metabolizável. Byerly et al. (1980) determinaram as exigências energéticas de cinco diferentes grupos genéticos de aves poedeiras submetidas às mesmas condições experimentais e verificaram que matrizes híbridas das linhagens Hubbard e Cornish foram significativamente menos eficientes que as demais linhagens estudadas (Leghorn, poedeiras híbridas de ovos brancos e de ovos marrons e matrizes pesadas). Do mesmo modo, Harms et al. (2000) verificaram que a energia necessária para produzir 1 grama de ovo foi de: 5,78; 6,09; 6,35 e 6,60 kcal para as linhagens Hy-Line W36, Hy-Line W98, Dekalb White e Hy-Line Brown, respectivamente.

De acordo com Luiting (1990) quando a regressão linear múltipla do consumo de ração sobre o peso corporal metabólico, ganho de peso corporal e produção de ovos é calculada entre ou dentro de linhagens um desvio padrão de 11 a 43 kcal de EM por dia não é explicado pelos fatores acima relacionados. Esta fração da EM ingerida não explicada é chamada de consumo alimentar residual (RFC – *residual feed consumption*) e tem uma herdabilidade de 0 a 80%, sendo o principal fator que explicaria as diferenças genéticas entre aves quanto à eficiência no metabolismo energético.

A partir dos resultados de estudos da partição da energia do alimento em câmaras respiratórias, Luiting et al. (1994) concluíram que a variação no RFC em poedeiras é causada principalmente pela variação nas exigências de manutenção de aves com produção e peso corporal semelhantes. As mais importantes fontes dessa variação parecem ser as diferenças na atividade física, no requerimento energético para a termorregulação e na taxa metabólica basal.

#### ***Equação de Predição da Exigência de Energia Metabolizável***

A partir dos valores obtidos para as exigências de energia metabolizável para manutenção e produção de ovos, foi proposta a seguinte equação de predição das exigências diárias de EM para galinhas caipiras na fase de postura:  $EM = 121,8 * P^{0,75} + 2,41 * MO$ , em que EM é a exigência de energia metabolizável (kcal/ave/dia),  $P^{0,75}$  é o peso metabólico médio (kg) e MO é a massa de ovos (g/ave/dia).

Utilizando este modelo, é possível estabelecer estimativas das exigências de energia metabolizável de acordo com os resultados de desempenho de galinhas caipiras em produção ao longo do tempo.

#### ***Estimativas das Exigências de Energia Metabolizável através da Equação de Predição Determinada***

A partir dos dados de desempenho produtivo (peso médio, ganho de peso, consumo, produção e peso dos ovos) do Manual de Criação de galinhas caipiras da linhagem Embrapa 051 foram calculadas as estimativas das exigências de energia metabolizável utilizando o modelo gerado neste trabalho:  $EM = 121,8 * P^{0,75} + 2,41 * MO$ .

Através da equação foram estimadas as exigências de EM para a elaboração de programas de alimentação para poedeiras caipiras, possibilitando assim, compará-las com as recomendações propostas pelo manual de criação das duas linhagens (Tabela 9).

Tabela 9. Estimativas das exigências de energia metabolizável para manutenção (EMm), para o ganho de peso (EMg), para a produção de ovos (EMo) e exigência total (EMt) da linhagem Embrapa 051 através do modelo e do Manual da linhagem.

Idade semanas	Modelo				Manual		
	EMm	EMg	EMo	EMt	EM ração	EM ração	
	kcal/ave/dia			kcal/kg		kcal/kg	
30	222,27	0	127,95	350,21	3019	331	2850
35	229,70	0	131,4	361,1	3009	342	2850
40	237,06	0	131,54	368,6	3072	342	2850
45	240,71	0	130,09	370,8	3116	339	2850
50	244,34	0	125,98	370,32	3138	336	2850
55	247,95	0	121,83	369,78	3161	333	2850
60	251,54	0	117,45	369,0	3181	331	2850
65	255,12	0	113,22	368,34	3203	328	2850
70	258,68	0	105,57	364,26	3224	322	2850
75	262,23	0	98,03	360,26	3336	308	2850
Média	244,96	0	120,31	365,27	3146	331,2	2850
% Exigência	67	0	33	100		100	

A média das estimativas das exigências energéticas preditas pela equação de predição (365,27 kcal/ave/dia e 3146 kcal/kg) foi superior à média das exigências recomendadas pelo Manual da linhagem (331,2 kcal/ave/dia e 2850 kcal/kg).

As estimativas das exigências de EM para manutenção e para produção de ovos da equação estimada corresponderam a 67 e 33% da exigência total de EM. De acordo com Chwalibog (1985), aproximadamente 65% da EM ingerida é perdida como calor e apenas 35% se torna disponível para a produção. Como as galinhas caipiras foram manejadas no sistema semi-intensivo, as exigências de EM para manutenção foram mais elevadas.

Observa-se que, de acordo com as estimativas da equação e do Manual da linhagem, as exigências totais de EM são crescentes até a 45ª semana de idade, declinando em seguida. Entretanto, as exigências de EMm continuam a aumentar devido ao ganho de peso da ave estipulado no manual de criação, enquanto que a exigência de EMo é menor devido à redução na produção e massa de ovos com o avançar da idade das aves. Se os valores de ganho de peso utilizados na equação de

predição não fossem crescentes como sugerido pelo Manual da linhagem, a exigência de energia para manutenção seria menor, e conseqüentemente, a exigência energética total.

Como neste experimento as aves mesmo alimentadas à vontade não apresentaram ganho de peso considerável, os valores de ganho de peso semanal sugeridos pelo Manual da linhagem podem ser questionáveis. Aplicando-se na equação de predição os parâmetros de desempenho (ganho de peso semanal, consumo de ração e massa de ovos produzida) verificados nas aves deste experimento (Tabela 10), a estimativa da exigência energética foi consideravelmente menor do que a estimativa realizada com os parâmetros sugeridos pelo Manual da linhagem (2661 kcal/kg vs. 3033 kcal/kg no período de 30 a 40 semanas de idade). Essa diferença deveu-se, principalmente, aos valores inferiores de peso vivo semanal que influenciaram diretamente na menor exigência de energia metabolizável para manutenção.

Tabela 10. Estimativa da exigência de energia metabolizável através do modelo desenvolvido utilizando os dados de desempenho das galinhas Embrapa 051 durante o período experimental.

Idade semanas	Peso médio g	Consumo g/ave/dia	Massa de ovos	Exig. EM <sup>1</sup>	Exig. EM
				kcal/ave/dia	kcal/kg
33	1948	116,2	50,4	317	2642
34	1923	101,0	50,0	321	2672
35	1907	102,5	46,5	316	2636
36	1919	108,4	44,9	318	2649
37	1921	110,0	44,2	317	2646
38	1907	108,7	44,0	323	2691
39	1913	106,5	43,9	321	2679
40	1911	107,9	44,2	321	2673
Média	1918	107,7	46,0	319	2661

<sup>1</sup> Exig. EM = exigência de energia metabolizável

Ainda vale salientar que as recomendações propostas pelos manuais das linhagens consistem apenas em sugestões para o fornecimento de nutrientes, funcionando como um guia para a elaboração das rações. Para aproveitar melhor o potencial produtivo das aves e, ao mesmo tempo, reduzir custos, a utilização das equações de predição fornece estimativas mais precisas das exigências nutritivas.

## CONCLUSÕES

A equação de predição das exigências de energia metabolizável para poedeiras caipiras em produção elaborada em função dos resultados obtidos é:

$$EM = 121,8 * P^{0,75} + 2,48 * MO$$

em que EM é a exigência de energia metabolizável (kcal/ave/dia),  $P^{0,75}$  é o peso metabólico médio (kg) e MO é a massa de ovos (g/ave/dia).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T., FIALHO, F.B., BELLAVER, C., et al. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1625-29, 1994.
- BALNAVE, D. Challenges of accurately defining the nutrient requirements of heat-stressed poultry. **Poultry Science**, v.83, p.5-14, 2004.
- BALNAVE, D., FARREL, D.J., CUMMING, R.B. The minimum metabolizable energy requirement of laying hens. **World Poultry Science**, v.34, p.149-154, 1978.
- BASAGLIA, R.. **Equações de predição das exigências de energia e proteína para poedeiras leves**. 1999. 158f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BASSI, L., SAATKAMP, M., ROSA, P.S. et al. **Poedeira Embrapa 051**. Folder. Embrapa Suínos e Aves, 2006.
- BLAXTER, K.L. **Energy Metabolism in Animals and Man**. University Press, Cambridge. 1989.
- BOSHOUWERS, F.M.G., NICAISE, E. Automatic gravimetric calorimeter with simultaneous recording of physical activity for poultry. **British Poultry Science**, v.26, p.531-541, 1985
- BRODY, S. **Bioenergetics and Growth**. 3 ed. Hafner Pub. Co., New York, 1968.
- BURLACU, G.H., BALDAC, M. Efficiency of the utilization of the energy of food in laying hens. **Journal Agricultural Science**, v.77, v.405-411, 1971
- BYERLY, T.C., KESSLER, J.W., GOUS, R.M. et al. Feed requirements for egg production. **Poultry Science**, v.59, p.2500-2507, 1980.
- CHWALIBOG, A. **Studies on energy metabolism in laying hens**. Denmark: Institute of Animal Science, 1985. (Report, 578).
- \_\_\_\_\_. Factorial estimation of energy requirement for egg production. **Poultry Science**, v.71, v.509-515, 1992.
- COMBS, G.F. **Amino acid requirements of broilers and laying hens**. In: Proc. Maryland Nutrition Conference, 86-96. 1968
- DAVIS, R.H., HASSAN, O.E.M., SYKES, A.H. Energy utilization in the laying hen in relation to ambient temperature. **Journal Agricultural Science**, v.80, p.173-177, 1973.

- DEGEN, A.A, KAM, M., ROSENSTRAUCH, A. Efficiency of utilization of energy for egg production in feed-restricted single comb White Leghorn hens. **Journal Agricultural Science**, v.111, p.303-308, 1988.
- FARRELL, D. J. General principles and assumptions of calorimetry. In: MORRIS, T.R., FREEMAN, B.M. (ed.), Energy Requeriments of Poultry. Edinburg, **British Poultry Science**, p.1-23, 1974.
- GERAERT, P.A.; MACLEOD, M.G.; LECLERCQ, B. Energy metabolism in genetically fat and lean chickens: diet and cold-induced thermogenesis. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1232-1239, 1988
- GRIMBERGEN, A.H.M. Energy expenditure under productive conditions. In: MORRIS, T.R., FREEMAN, BM. (ed.), Energy requeriments of poultry. Edinburgh, **British Poultry Science**, p.61-71, 1974.
- HARMS, R.H., RUSSELL, G.B., SLOAN, D.R. Performance of four strains of commercial layer with major changes in dietary energy. **Journal Applied Poultry Research**, v.9, p.535-541, 2000
- HURWITZ, L., BORNSTEIN, S. The protein and amino acid requirement of laying hens: suggested models for calculation. **Poultry Science**, v.52, p.1124-1134, 1973.
- JADHAO, S.B., TIWARI, C.M., CHANDRAMONI et al. Energy balance by carbon and nitrogen balance technique in White Leghorn and Rhode Island Red hens fed maize-and broken rice-based diets. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.12, p.1080-1084, 1999a.
- \_\_\_\_\_ et al. Energy requirement of Rhode Island Red hens for maintenance by slaughter technique. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.12, p.1085-1089, 1999b.
- JALALUDIN, S., THAM, S.K., SYKES, A.H. Energy balance of laying hens under different climates. **Pertanika**, v.2, p.16-20, 1979.
- JOHNSON, R. J. Energy metabolism of poultry. **Proceedings of the Nutrition Society of Australia**, v.8, p.72-82, 1983.
- KLASING, K.C. **Comparative Avian Nutrition**. New York: CAB International, 1998.
- LI, Y., ITO, T., YAMAMOTO, S. Diurnal variation in heat production related to some physical activities in laying hens. **British Poultry Science**, v.32, p.821-827, 1991.

- LOFGREEN, G.P., GARRET, W.N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.27, p.793-806, 1968.
- LONGO, F.A., SAKOMURA, N.K., RABELLO, C.B.V. Exigências energéticas para manutenção e para o crescimento de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.119-125, 2006.
- LUITING, P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. **World's Poultry Science Journal**, v.46, p.133-152, 1990.
- LUITING, P., URFF, E.M., VERSTEGEN, M.W.A.. Between-animal variation in biological efficiency as related to residual feed consumption. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v.42, p.59-67, 1994.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Agricultural Experiment Station Research Report**, v.7, p.3-11, 1965
- NEME, R., SAKOMURA, N.K., FIALHO, F.B. Modelling energy utilization for laying type pullets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.7, p.39-46, 2005.
- NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9 ed. National Academic Press, Washington D.C. 1994.
- PEGURI, A., COON, C. Effect of feather coverage and temperature on layer performance. **Poultry Science**, v.72, p.1318-1329, 1993.
- RABELLO, C.B.V. **Equações de predição das exigências de energia e proteína para aves reprodutoras pesadas na fase de produção**. 2001. 121f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- RABELLO, C.B.V., SAKOMURA, N.K., LONGO, F.A. et al. Efeito da temperatura ambiente e do sistema de criação sobre as exigências de energia metabolizável para manutenção de aves reprodutoras pesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.382-390, 2004.
- \_\_\_\_\_. et al. Modelling energy utilization in broiler breeder hens. **British Poultry Science**, v.47, p.622-631, 2006.
- REID, B.L., VALENCIA, M.E., MAIORINO, P.M. Energy utilization by laying hens. I. Energetic efficiencies of maintenance and production. **Poultry Science**, v.57, p.461-465, 1978.

- RISING, R., MAIORINO, P.M., ALAK, J. et al. Indirect calorimetry evaluation of dietary protein and animal fat effects on energy utilization of laying hens. **Poultry Science**, v.68, p.258-264, 1989.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 3 ed., UFV, DZO, Viçosa. 2011.
- SAIFUL, I.M., FUJITA, M., ITO, T. Effect of feeding levels and physical activities on heat production in laying hens under different ambient temperatures. **Journal of Poultry Science**, v.39, p.118-125, 2002.
- SAKOMURA, N.K. Modelling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.6, p.1-11. 2004.
- SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., SÁ-FORTES, C.M.L. et al. Modelos para estimar as exigências de energia metabolizável para poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.575-583, 2005.
- SAKOMURA, N.K., ROSTAGNO, H.S., SOARES, P.R. et al. Determinação das equações de predição da exigência nutricional de energia para matrizes pesadas e galinhas poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.22, p.723-731, 1993.
- SAKOMURA, N.K., SILVA, R., COUTO, H.P. et al. Modelling metabolizable energy utilization in broiler breeder pullets. **Poultry Science**, v.82, p.419-427, 2003.
- SCANES, C.G., CAMPBELL, R., GRIMINGER, P. Control of energy balance during egg production in the laying hen. **Journal of Nutrition**, v.117, p.605-611, 1987.
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C., YOUNG, R.J. **Nutrition of the Chicken**. 3 ed. M. L. Scott & Ass, Ithaca, 1982.
- SHALEV, B.A., PASTERNAK, H. The relative energy requirements of male vs female broilers and turkeys. **Poultry Science**, v.77, p.859-863, 1998.
- SIBBALD, I.R. The gross energy of avian eggs. **Poultry Science**, v.58, p.404-409, 1979.
- SIBBALD, I.R., FORTIN, A. Preparation of dry homogenates from wholes and eviscerated chickens. **Poultry Science**, v.61, p.589-590, 1982.
- SILVA, R. **Equação de predição das exigências de energia e proteína para matrizes pesadas na fase de crescimento**. 1999. 153f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

- SPRATT, R.S., BAYLEY, H.S., MCBRIDE, B.W. et al. Energy metabolism of broiler breeder hens. 1 The partition of dietary energy intake. **Poultry Science**, v.65, p.1339-1347, 1990.
- VAN KAMPEN, M. Activity and energy expenditure in laying hens. 1. The energy cost of nesting activity and oviposition. **Journal Agricultural Science**, v.86, p.471-473, 1976a.
- \_\_\_\_\_. Activity and energy expenditure in laying hens. 2. The energy cost of exercise. **Journal Agricultural Science**, v.87, p.81-84, 1976b.
- \_\_\_\_\_. Activity and energy expenditure in laying hens. 3. The energy cost of eating and posture. **Journal Agricultural Science**, v.87, p.85-88, 1976c.
- WARING, J.J., BROWN, W.O. A respiration chamber for the study of energy utilization for maintenance and production in the laying hen. **Journal Agricultural Science**, v.65, p.139-146, 1965.
- \_\_\_\_\_. Calorimetric studies on the utilization of dietary energy by the laying White Leghorn hen in relation to plane of nutrition and environmental temperature. **Journal Agricultural Science**, v.68, p.149-155, 1967.
- WARPECHOWSKI, M.B. Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização da energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento. 2005. 179f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

### **CAPÍTULO 3**

---

#### **Equação de Predição da Exigência de Proteína Bruta para Galinhas Caipiras na Fase de Postura**

## Equação de Predição da Exigência de Proteína Bruta para Galinhas Caipiras na Fase de Postura

### RESUMO

Com o objetivo de estimar a exigência de proteína bruta para manutenção, ganho de peso e produção de ovos de galinhas caipiras na fase de postura e sugerir uma equação de predição das exigências proteicas foi utilizado o método do abate comparativo. A equação de regressão linear do nitrogênio retido no corpo e nos ovos em função de diferentes níveis de ingestão de nitrogênio (à vontade, 80, 60 e 40% do consumo à vontade) forneceu a exigência de nitrogênio para manutenção através do intercepto do eixo X e a eficiência de utilização de nitrogênio da dieta através do coeficiente de regressão. A exigência de proteína bruta para o ganho de peso foi estimada em função do conteúdo de nitrogênio na carcaça e a eficiência de utilização de nitrogênio da dieta através de abates semanais. A exigência de proteína bruta para a produção de ovos foi determinada considerando o teor de proteína dos ovos e a eficiência de deposição da proteína no ovo. A exigência e a eficiência de utilização da proteína para manutenção foram 4,7 g de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia e 56%, respectivamente. Como não houve variação nos pesos vivos e nos teores de nitrogênio na carcaça das aves durante o período de 33 a 40 semanas de idade, a exigência de proteína bruta e o valor de eficiência de utilização de nitrogênio para o ganho de peso não foram estimados. A exigência e a eficiência de utilização de proteína para a produção de ovos foram 0,18 g de PB/g de ovo produzido e 62%, respectivamente. A partir das exigências estimadas neste trabalho, sugere-se a seguinte equação de predição da exigência proteica para galinhas caipiras na fase de postura: PB (g/ave/dia) = 4,7\*P<sup>0,75</sup> + 0,18\*MO, em que P = peso corporal (kg) e MO = massa de ovos produzida (g/ave/dia).

**Palavras-chave:** abate comparativo, aves coloniais, método fatorial, ovos caipiras, requerimentos protéicos

## Prediction Equation of Crude Protein Requirement of Free-Range Laying Hens in the Production Phase

### ABSTRACT

With the objective of to estimate the crude protein requirement for maintenance, weight gain and egg production of free-range laying hens in the production phase and to suggest prediction equations for protein requirements, the method of comparative slaughter was used. The linear regression equation of nitrogen retained in the body and eggs for different levels of nitrogen intake (ad libitum, 80, 60 and 40% of ad libitum intake) provided the nitrogen requirement for maintenance through the X-axis intercept and nitrogen use efficiency of the diet through the regression coefficient. The crude protein requirement for weight gain was estimated by the nitrogen content in the carcass and efficiency of nitrogen utilization of diet by weekly slaughter. The crude protein requirement for egg production was estimated by considering the protein content of eggs and the deposition efficiency of the protein in the egg. The requirement and efficiency of protein utilization for maintenance were 4.7 g CP/kg<sup>0.75</sup>/day and 0.56, respectively. There was not any variation in live weight or in the concentration of nitrogen in the carcass of hens during 33-40 weeks of age, then the crude protein requirement and the value of efficiency of nitrogen utilization for weight gain could not be estimated. The requirement and efficiency of protein utilization for egg production were 0.18 g of CP/g and 0.62, respectively. The prediction equation for free-range laying hens in the production phase was: CP (g/bird/day) = 4.7\*P<sup>0.75</sup> + 0.18\*OM, where P = body weight (kg) and MO = egg mass (g/bird/day).

**Key-words:** comparative slaughter, factorial method, free-range chicken, free-range eggs, protein requirements

## INTRODUÇÃO

A preferência dos consumidores por alimentos mais saudáveis, assim como, questionamentos sobre o bem estar animal e a poluição ambiental por dejetos e resíduos da produção agropecuária têm feito com que o modelo tradicional da produção de ovos e carne de frango seja reavaliado em determinados pontos. De acordo com Albino et al. (2005), a exigência dos consumidores com a qualidade dos produtos ingeridos, não só do ponto de vista nutricional, como também de segurança alimentar, tem promovido o retorno de antigos hábitos alimentares, como por exemplo, a preferência por carne e ovos de aves criadas em sistemas alternativos.

O sistema de criação semi-intensivo e o desenvolvimento de linhagens próprias para a produção de carne e ovos neste sistema contribuem para que as exigências nutricionais sejam peculiares a esse tipo de ave. Assim, a utilização eficiente da ração e a máxima produtividade na criação caipira exigem o conhecimento dos requerimentos nutricionais baseados em equações de predição, as quais levam em consideração parâmetros inerentes à ave e ao ambiente.

O método fatorial constitui a base para a elaboração de equações de predição que estimam as exigências nutricionais levando em conta as diferenças de peso, composição corporal, potencial de crescimento e de produção dos animais, assim como do ambiente, o que facilita o desenvolvimento de programas nutricionais mais adequados para os animais, sendo a exigência total fracionada em manutenção, crescimento e produção.

Santomá (1991) relata que a medida da taxa de deposição proteica apresenta-se do ponto de vista fisiológico como o melhor critério para o estabelecimento da exigência de proteína. A deposição proteica pode ser estimada através da retenção de nitrogênio (N), a qual pode ser determinada pelos métodos do abate comparativo ou do balanço de nitrogênio.

Para Wolynetz e Sibbald (1987), o método do abate comparativo é baseado na premissa de que a composição corporal de um grupo de aves pode ser estimada pela composição da carcaça de algumas aves da mesma população, sendo a deposição ou remoção de um determinado nutriente estimado por abates representativos no início e ao fim do período experimental.

Existem diversas recomendações para a elaboração de equações de predição das exigências proteicas de aves reprodutoras pesadas em crescimento e produção (FILARDI et al., 2000; RABELLO et al., 2002a), de poedeiras leves em produção (HURWITZ; BORNSTEIN, 1973; SCOTT et al., 1982; SAKOMURA et al., 2002) e aves em crescimento (SCOTT et al. 1982; ALBINO et al., 1994; LONGO et al., 2001). Entretanto, tais equações podem não ser apropriadas para as aves caipiras devido às mesmas serem baseadas em linhagens de alta produtividade criadas em sistema intensivo. Ainda há uma escassez de estudos sobre as exigências de aves poedeiras caipiras que, devido a fatores genéticos e de manejo, apresentam características próprias com grande influência nas exigências de manutenção, ganho de peso e produção de ovos.

Os objetivos deste trabalho foram estimar a exigência de proteína bruta para manutenção, ganho de peso e produção de ovos e sugerir uma equação de predição das exigências proteicas para galinhas poedeiras caipiras na fase de postura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental de Pequenos Animais de Carpina, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Carpina, microrregião da Mata Setentrional do Estado de Pernambuco - Brasil, tendo como coordenadas geográficas 7°51'03''S de latitude, longitude de 35°15'17''W e uma altitude de 1,84 m. As temperaturas médias máximas e mínimas durante o experimento foram de 30°C e 22,1°C, respectivamente, assim como, a umidade relativa média máxima de 95,9% e a mínima de 42,4%.

A estimativa das exigências de proteína bruta foi realizada através do método fatorial, as quais foram divididas em exigências para manutenção, ganho de peso e produção de ovos. Desta forma, foram realizados três experimentos de agosto a novembro de 2008, com duração de seis semanas para o experimento de exigência de proteína para manutenção e de nove semanas para os experimentos de exigência para ganho de peso e produção de ovos.

Foram utilizadas 408 galinhas poedeiras caipiras da linhagem Embrapa 051 (resultante do cruzamento entre as raças Rhode Island Red e Plymouth Rock Branca). As aves foram alojadas em oito abrigos com estrutura de alvenaria, tela, cobertura de fibrocimento e acesso a um piquete limpo (desprovido de pasto ou qualquer tipo de vegetação) com área de 3 m<sup>2</sup>/ave e limitado por tela. As aves tiveram acesso aos piquetes diariamente das 7h às 17h, sendo todas identificadas com lacres plásticos numerados e de cores variadas para melhor controle das mesmas dentro de cada parcela. Foi adotado um programa de luz de 17 horas diárias.

Em todos os experimentos foi fornecida uma ração formulada de acordo com as recomendações nutricionais do manual da linhagem Embrapa 051 (BASSI et al., 2006), conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual e valores nutricionais da dieta experimental com base na matéria natural.

Ingredientes	Composição da ração, %	Composição energética e nutricional calculada	
Milho grão	66,280	EMAn, kcal/kg	2800
Farelo de soja 45%	21,910	Proteína Bruta, %	15,50
Óleo de soja	0,680	Cálcio, %	3,700
Fosfato bicálcico	1,770	Fósforo disp., %	0,420
Calcário calcítico	8,303	Metionina, %	0,401
Sal comum	0,333	Met. + Cistina, %	0,630
DL-Metionina 99	0,065	Lisina, %	0,748
Lisina HCl 78,8	0,069	Treonina, %	0,523
Premix Vitam.-Mineral <sup>1</sup>	0,500	Triptofano, %	0,162
Bacitracina de Zn (15%)	0,040	Sódio, %	0,150
Maduramicin (1%)	0,050	Potássio, %	0,587
Total	100,00	Extrato etéreo, %	3,430
		Fibra bruta, %	2,330

<sup>1</sup> Quantidade/kg de Produto: vit.A, 1600000 UI; vit. D3, 400000 UI; vit. E, 3000 UI; vit. K3, 400 mg.; vit. B2, 800 mg; vit. B6, 200 mg; vit. B12, 2000 mcg; niacina, 4000 mg; ác. Pantotênico, 1400 mg; ác. Fólico, 60 mg; biotina, 4 mg; manganês, 14000 mg; zinco, 12000 mg; ferro, 10000 mg; cobre, 1700 mg; iodo, 200 mg; selênio, 50 mg; cobalto, 40 mg; metionina, 200000 mg; colina, 36450 mg; antioxidante, 30000 mg; veículo q.s.p., 1000 mg.

### ***Estimativa da Exigência de Proteína Bruta para Manutenção***

Foram utilizadas 168 poedeiras caipiras com 34 semanas de idade, distribuídas inteiramente ao acaso em quatro tratamentos, com quatro repetições de dez aves cada. As aves foram alojadas em quatro abrigos com 16 unidades experimentais para dez aves e os tratamentos consistiram em quatro níveis de ingestão de ração: *ad libitum*, 20%, 40% e 60% de restrição do consumo. A quantidade de ração fornecida aos grupos com

restrição foi baseada no consumo do dia anterior do grupo *ad libitum*, o qual foi quantificado diariamente.

Foi utilizada a técnica do abate comparativo em que a ingestão de ração foi quantificada durante o período experimental e, ao início e final do período, foram realizados abates das aves para determinação dos teores de nitrogênio (N) corporal e por diferença, o teor de N retido no período. Foram sacrificadas por deslocamento cervical oito aves no início e todas as aves das parcelas no final do período experimental, sendo todas previamente submetidas a um jejum de 24 horas. O processamento das carcaças consistiu em cozimento em autoclave vertical (Phoenix Inc., São Paulo, Brasil) a 127°C e 1 atm durante 5 horas e posterior homogeneização em liquidificador industrial (Skymesen Inc., Santa Catarina, Brasil) com capacidade de 8 L por 15 a 20 minutos de acordo com a metodologia descrita por Sibbald; Fortin (1982). Após o processamento, as amostras foram colocadas em placas de Petri, pesadas e congeladas em freezer, para então serem submetidas à secagem a vácuo a -54°C em liofilizador (Terroni Inc., São Paulo, Brasil) durante 48 horas. Em seguida, as amostras secas foram pesadas novamente e moídas em moinho tipo bola para determinação dos teores de matéria seca em estufa a 105°C por 16 horas, nitrogênio pelo método de Kjeldahl, extrato etéreo pelo método de Soxhlet, matéria mineral em mufla a 600°C por três horas e energia bruta em bomba calorimétrica (Ika Works Inc., modelo C200, São Paulo, Brasil).

A retenção de proteína nos ovos foi quantificada através da coleta semanal de uma amostra de seis ovos de cada parcela, a qual foi homogeneizada em liquidificador por dois minutos. Tais amostras foram pesadas e submetidas aos mesmos procedimentos realizados com as carcaças. A retenção total de nitrogênio correspondeu à soma das retenções nas carcaças e nos ovos. Tanto as retenções quanto a ingestão de nitrogênio foram expressas em relação ao peso metabólico médio por dia (mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia).

A equação de regressão linear do N retido em função do N ingerido forneceu a exigência de N para manutenção através do intercepto do eixo X e a eficiência de utilização de N da dieta através do coeficiente de regressão. A estimativa da exigência de proteína bruta (PB) para manutenção foi obtida multiplicando-se o valor da exigência de N para manutenção pelo fator 6,25.

### ***Estimativa da Exigência de Proteína Bruta para Ganho de Peso***

A exigência de proteína bruta para o ganho de peso foi estimada utilizando-se a técnica do abate comparativo em um delineamento inteiramente ao acaso com quatro parcelas experimentais de 30 aves cada. Foi quantificado o peso individual e médio corporal e abatidas duas aves com o peso médio de cada grupo semanalmente com o objetivo de se determinar a composição de nitrogênio da carcaça. Os procedimentos de abate das aves, processamento e análise das carcaças foram os mesmos adotados no ensaio anterior.

A exigência de nitrogênio líquido por grama de ganho foi estimada através do coeficiente de regressão da equação do nitrogênio presente na carcaça (g) em função do peso corporal (g). A eficiência de utilização de energia para ganho de peso foi estimada por meio da fórmula:  $kg = NRg / (NI - (Nm + No))$ , onde  $kg$  = eficiência da utilização do nitrogênio para ganho de peso,  $NRg$  = nitrogênio retido no ganho de peso ( $g/kg^{0,75}/dia$ ),  $NI$  = nitrogênio ingerido ( $g/kg^{0,75}/dia$ ),  $Nm$  = nitrogênio para manutenção ( $g/kg^{0,75}/dia$ ) e  $No$  = nitrogênio para produção de ovos ( $g/g/dia$ ).

A partir desses resultados foi estimada a exigência de nitrogênio para o ganho de peso, dividindo a exigência de nitrogênio líquido para o ganho de peso pela eficiência de utilização do nitrogênio, a qual multiplicada por 6,25 forneceu a exigência de proteína bruta para ganho de peso.

### ***Estimativa da Exigência de Proteína Bruta para a Produção de Ovos***

Foram utilizadas 120 aves com 30 semanas de idade, distribuídas em quatro grupos de 30 aves, com o objetivo de acompanhar semanalmente o peso corporal, a produção e o peso dos ovos. Uma amostra de seis ovos de cada grupo foi coletada semanalmente, processada, armazenada, liofilizada e analisada quanto aos teores de matéria seca e proteína bruta de acordo com procedimentos já citados no experimento anterior.

A exigência de nitrogênio para a produção de ovos ( $No$ ) foi estimada considerando-se a composição média de nitrogênio dos ovos dividido pela eficiência de utilização de nitrogênio, que ao ser multiplicado por 6,25 determinou a exigência de proteína bruta para produção de ovos (PBo).

A eficiência de utilização de nitrogênio para a produção de ovos ( $ko$ ) foi estimada considerando o nitrogênio retido no ovo ( $No$ ) dividido pelo nitrogênio ingerido ( $NI$ ), descontando-se o nitrogênio destinado para manutenção ( $Nm$ ) e para o ganho de peso ( $Ng$ ), portanto,  $ko = NRo/[NI-(Nm + Ng)]$ .

### ***Elaboração da Equação de Predição das Exigências Protéicas***

Em todos os ensaios, os dados foram comparados usando o modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$ , em que  $T$  refere-se a tratamento e  $e_{ij}$  consiste no erro experimental. Os dados de desempenho foram analisados através da análise de variância os tratamentos comparados pelo Teste F ( $P < 0,05$ ) utilizando a General Linear Models (GLM) do programa estatístico SAS for Windows 9.1.3 (SAS, 2005).

A partir dos resultados das exigências de proteína bruta para manutenção, ganho de peso e produção de ovos foi desenvolvida uma equação para prever as exigências diárias de proteína bruta para as aves de acordo com os modelos elaborados por Hurwitz e Bornstein (1973):

$$PB \text{ (g/ave/dia)} = PBm.P^{0,75} + PBg.G + PBo.MO$$

em que:  $PB$  = proteína bruta;  $PBm$  = exigência de  $PB$  para manutenção (g de proteína/ave/dia);  $PBg$  = exigência de  $PB$  para ganho de peso (g/g de ganho de peso);  $PBo$  = exigência de  $PB$  para produção de ovos (g/g de ovo);  $P^{0,75}$  = peso corporal metabólico (kg),  $G$  = ganho de peso (g/dia),  $MO$  = massa de ovos (g/ave/dia).

### ***Avaliação do Modelo por Simulação***

Foi realizada uma simulação dos cálculos das exigências de  $PB$  aplicando-se no modelo desenvolvido os dados de produção conforme o manual de criação da linhagem Embrapa 051 (BASSI et al., 2006), levando-se em conta peso vivo, ganho de peso, % postura, peso do ovo, massa de ovos e consumo semanal da 30ª a 75ª semana (Tabela 2). Foram realizados os cálculos da exigência de  $PB$  para manutenção, ganho de peso e produção de ovos e exigência total de  $PB$  através da equação proposta neste trabalho, comparando-se então com a exigência total de  $PB$  sugerida pelo manual de criação da linhagem.

Tabela 2. Dados de peso médio, ganho de peso (GP), postura, peso dos ovos, massa dos ovos (MO) e consumo de aves poedeiras de acordo com o manual da linhagem Embrapa 051.

Idade semanas	Peso	GP	Postura	Peso ovo	MO	Consumo
	kg		%	g	g/ave/dia	
30	2,23	0,02	87	59,3	51,59	116
31	2,25	0,02	88	59,6	52,45	118
32	2,27	0,02	88	59,9	52,71	120
33	2,29	0,02	87	60,3	52,46	120
34	2,31	0,02	87	60,6	52,72	120
35	2,33	0,02	87	60,9	52,93	120
36	2,35	0,02	86	61,3	52,72	120
37	2,37	0,02	86	61,6	52,98	120
38	2,39	0,02	86	61,9	53,23	120
39	2,41	0,02	85	62,2	52,87	120
40	2,43	0,01	85	62,4	53,04	120
41	2,44	0,01	85	62,6	53,21	119
42	2,45	0,01	84	62,8	52,75	119
43	2,46	0,01	84	63,0	52,92	119
44	2,47	0,01	83	63,1	52,37	119
45	2,48	0,01	83	63,2	52,46	119
46	2,49	0,01	83	63,3	52,54	118
47	2,5	0,01	82	63,4	51,99	118
48	2,51	0,01	82	63,4	51,99	118
49	2,52	0,01	81	63,5	51,44	118
50	2,53	0,01	80	63,5	50,8	118
51	2,54	0,01	80	63,6	50,88	117
52	2,55	0,01	79	63,6	50,24	117
53	2,56	0,01	78	63,7	49,69	117
54	2,57	0,01	78	63,7	49,69	117
55	2,58	0,01	77	63,8	49,13	117
56	2,59	0,01	76	63,8	48,49	116
57	2,6	0,01	76	63,9	48,56	116
58	2,61	0,01	75	63,9	47,92	116
58	2,62	0,01	74	64,0	47,36	116
60	2,63	0,01	74	64,0	47,36	116
61	2,64	0,01	73	64,1	46,79	115
62	2,65	0,01	73	64,1	46,79	115
63	2,66	0,01	72	64,2	46,22	115
64	2,67	0,01	72	64,2	46,22	115
65	2,68	0,01	71	64,3	45,65	115
66	2,69	0,01	70	64,3	45,01	114
67	2,7	0,01	69	64,4	44,44	114
68	2,71	0,01	68	64,4	43,79	114
69	2,72	0,01	67	64,5	43,22	113
70	2,73	0,01	66	64,5	42,57	113
71	2,74	0,01	65	64,6	41,99	112
72	2,75	0,01	64	64,6	41,34	112
73	2,76	0,01	63	64,7	40,76	111
74	2,77	0,01	62	64,7	40,11	110
75	2,78	0,01	61	64,8	39,53	108

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Exigência de Proteína Bruta para Manutenção*

De acordo com as médias de ingestão e retenção de nitrogênio na carcaça e nos ovos encontradas na Tabela 3, houve retenção negativa de nitrogênio na carcaça das aves submetidas a todos os tratamentos, enquanto que a retenção de nitrogênio no ovo diminuiu à medida que aumentou a restrição alimentar.

Tabela 3. Médias da ingestão de nitrogênio (NI), retenção do N na carcaça (NRc), retenção de N no ovo (NRo) e retenção de N total (NRtotal) das aves submetidas aos diferentes regimes alimentares durante o período experimental.

Tratamento	Consumo	NI	NRc	NRo	NRtotal
	g/ave/dia				
<i>Ad libitum</i>	99	1,497	- 0,029	0,468	0,438
20% restrição	80	1,239	- 0,107	0,382	0,276
40% restrição	61	0,943	- 0,101	0,172	0,072
60% restrição	40	0,648	- 0,09	0,058	-0,031

A retenção negativa de N na carcaça das aves deste experimento mesmo quando foram alimentadas *ad libitum* está relacionada com a redução da deposição proteica e aumento do acúmulo de gordura que ocorrem com o início da fase reprodutiva das poedeiras.

Rabello et al. (2002a), ao determinarem as exigências de PB de matrizes pesadas em produção, observaram que a composição em proteína corporal se apresentou estável até as 29 semanas de idade, sendo que a partir dessa idade tendeu a diminuir. De acordo com os autores, as aves após a maturidade sexual reduzem a deposição proteica e aumentam o teor de gordura corporal, pois a maior parte da proteína da dieta é destinada à produção de ovos.

De acordo com Neme et al. (2006), após atingirem a taxa máxima de deposição proteica, poedeiras da linhagem Hisex apresentaram redução mais acentuada na taxa de deposição deste nutriente, ocorrendo a partir daí, uma alteração no seu metabolismo. Com a estabilização da deposição proteica e a posterior redução nas taxas de deposição, a energia líquida de produção passou a ser essencialmente direcionada para lipogênese, compondo-se assim, a reserva de energia necessária para o início da vida reprodutiva.

Samadi e Liebert (2006) também verificaram em frangos de corte que o potencial para retenção de N corporal diminui com o aumento da idade da ave.

Utilizando a regressão linear do nitrogênio retido na carcaça e nos ovos (NR) em função do nitrogênio ingerido (NI) obteve-se a equação  $NR = -0,4174 + 0,5603NI$ , a qual extrapolando para o nível zero de retenção de nitrogênio, forneceu a exigência para manutenção de 745 mg de nitrogênio/kg<sup>0,75</sup>/dia (Figura 1). Considerando-se o fator 6,25 a exigência de proteína bruta para manutenção obtida foi de 4,7 g de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia. (Tabela 4).

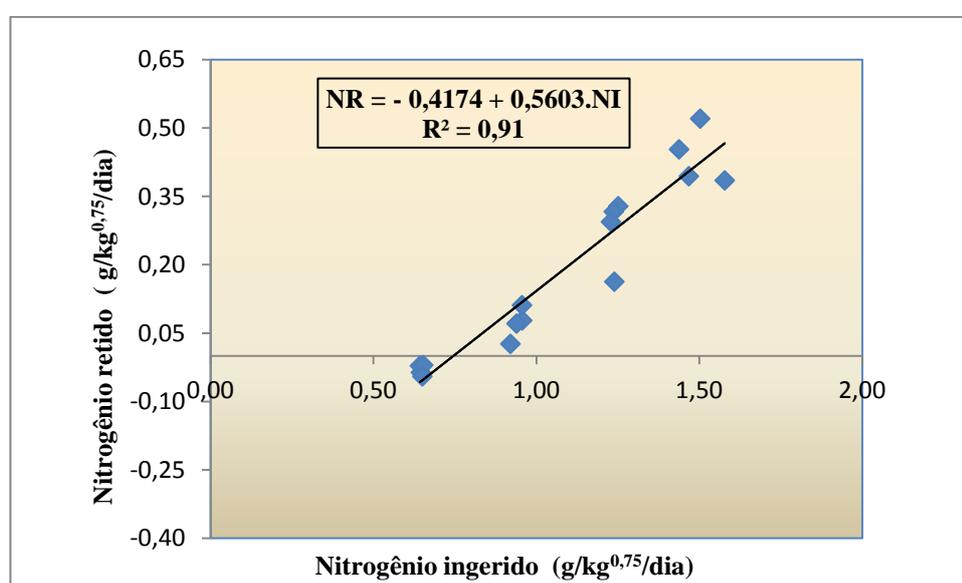


Figura 1. Relação entre nitrogênio retido (NR) e nitrogênio ingerido (NI).

Tabela 4. Equação de regressão da retenção de nitrogênio (NR) em função da ingestão de nitrogênio (NI) e seu coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estimativas da exigência de nitrogênio (Nm) e proteína bruta (PBm) para manutenção e eficiência de utilização do nitrogênio da dieta para manutenção ( $km$ ).

Equação	$R^2$	g/kg <sup>0,75</sup> /dia		km
		Nm	PBm	
$NR = -0,4174 + 0,5603.NI$	0,91	0,745	4,7	0,56

Em comparação a resultados obtidos com aves na mesma situação fisiológica, ou seja, em fase de postura, o valor da exigência de N para manutenção estimado neste trabalho foi superior aos resultados obtidos para poedeiras leves de 201 e 224 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia para as fases de 21 a 42 semanas de idade e 42 semanas de idade até o

descarte, respectivamente (SCOTT et al., 1982), para matrizes pesadas em produção de 365 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia (RABELLO et al., 2002a), para poedeiras leves comerciais de 307 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia (SAKOMURA et al., 2002) e para poedeiras semipesadas comerciais de 274 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia (SONG et al., 2010).

De acordo com Pesti et al. (1990), linhagens diversas podem apresentar diferenças em suas exigências de manutenção devido às suas características metabólicas ou comportamentais. Além disso, diversos fatores podem influenciar o consumo alimentar e as exigências de proteína de aves de postura, tais como tamanho, temperatura ambiente, estágio de produção, sistema de criação e teor de energia da dieta (SCOTT et al., 1982).

MacLeod (1990) estimou a exigência de N para manutenção de frangos de corte submetidos a dietas com baixo e alto teor de proteína e verificou que a exigência de N<sub>m</sub> foi maior quando utilizadas as dietas com altos níveis de proteína em comparação às dietas com baixos níveis (1,11 vs. 0,90 g/kg<sup>0,75</sup>/dia). De acordo com os autores, o aumento da gliconeogênese a partir das proteínas foi o principal fator relacionado com o aumento da exigência de manutenção e com a redução da eficiência de utilização do N.

A temperatura ambiente também é um fator muito importante na variação das exigências proteicas de manutenção das aves. Tal efeito foi comprovado por Rabello et al. (2004), que estimaram as exigências de PB para manutenção de reprodutoras pesadas na fase de produção submetidas a diferentes temperaturas ambientais e verificaram que houve diferença nos valores de exigência de manutenção de 2528, 3419 e 4269 mg de PB/kg<sup>0,75</sup>/dia quando as aves foram alojadas a 13, 21 e 30°C, respectivamente. As maiores exigências com o aumento da temperatura são justificadas pelas alterações no equilíbrio hormonal das aves quando submetidas ao estresse calórico.

Albino et al. (1994), utilizando a técnica do abate comparativo com aves alojadas em boxes, determinaram as exigências de 580 e 760 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia para manutenção de poedeiras leves em crescimento das linhagens Embrapa e Lohmann, respectivamente. Enquanto que, Basaglia et al. (1998) verificaram a exigência de 383 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia para a manutenção de frangas de postura alojadas em gaiolas ao utilizarem o método de balanço de N. Segundo Albino et al. (1994), os valores de exigência mais elevados foram devido às instalações utilizadas durante o experimento

(boxes) que proporcionaram maior liberdade de movimento às aves e, assim, contribuíram para uma maior exigência de manutenção.

Além disso, Filardi et al. (2000) estimaram os valores de exigência de N para manutenção de matrizes em crescimento de 600 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia quando utilizaram a técnica do abate comparativo e de 323 mg de N/kg<sup>0,75</sup>/dia ao utilizarem a técnica do balanço de nitrogênio. De acordo com os autores, a diferença entre as exigências obtidas através das duas técnicas pode ser atribuída às condições em que foram aplicadas, ou seja, diferentes sistemas de alojamento (piso vs. gaiola) e à diferença nas idades das aves.

Kingori et al. (2007) verificaram que as exigências de PB de galinhas indígenas criadas em sistema semi-intensivo foram mais altas do que quando as mesmas foram confinadas (11,7 vs. 10,9 g/ave/dia), devido a maior exigência de manutenção no sistema caipira em virtude do aumento da atividade física das aves.

Alguns trabalhos encontrados na literatura se referem ao efeito do sistema de criação sobre o desempenho de linhagens caipiras. Van Horne (1996) observou que poedeiras criadas em sistemas alternativos têm pior conversão alimentar e ovos mais leves do que as criadas em gaiolas, devido às aves serem mais ativas. Do mesmo modo, Hellmeister Filho et al. (2003) verificaram que frangos tipo caipira tiveram um maior ganho de peso diário e foram mais precoces quando criados em sistema intensivo em comparação aos criados em sistema semi-intensivo, indicando que as aves que tinham acesso a piquetes tiveram maior gasto de energia durante o período de pastoreio ou de permanência no pasto. Enquanto que, Matos et al. (2008) constataram que houve maior consumo de ração e ganho de peso de linhagens caipiras em sistema confinado do que em semiconfinamento.

Portanto, o valor mais elevado de exigência de N para manutenção estimado no presente estudo em relação aos encontrados na literatura deve-se, sobretudo, ao sistema de criação utilizado, o qual contribuiu para o aumento da demanda energética e proteica.

De acordo com a regressão linear do nitrogênio retido em função do nitrogênio ingerido, o coeficiente de regressão indicou a eficiência de utilização do nitrogênio da dieta para manutenção em 0,56 (Figura 1).

Valores de eficiência semelhantes foram determinados por Filardi et al. (2000) de 0,54 para matrizes pesadas em crescimento e por Sakomura et al. (2002) de 0,59 para

poedeiras leves em produção. Entretanto, valores maiores de eficiência foram verificados por Basaglia et al. (1998) para poedeiras leves em crescimento ( $km = 0,67$ ) e por Rabello et al. (2002a) para matrizes pesadas em produção ( $km = 0,61$ ). Albino et al. (1994) trabalhando com poedeiras leves em crescimento de duas linhagens distintas encontraram valores diferentes de eficiência de utilização do N, sendo de 0,55 para a linhagem Embrapa e de 0,62 para a Lohmann.

A eficiência estimada neste trabalho se encontra dentro da faixa de variação das eficiências determinadas entre as categorias de aves estudadas, as quais variaram entre 0,54 e 0,67.

### ***Exigência de Proteína Bruta para Ganho de Peso***

De acordo com a Tabela 5, praticamente não houve variação no peso corporal das aves durante o período experimental, ocorrendo uma pequena redução nos teores de N corporal com o avançar da idade.

Tabela 5. Médias dos valores de peso corporal inicial (PI) e final (PF), variação do peso e nitrogênio corporal (N corporal) das aves no período de 33 a 41 semanas de idade.

Idade	PI	PF	Variação do peso (g±desvio padrão)	N corporal
33	1965±0,04	1954±0,04	-0,010	52,4±2,3
34	1954±0,04	1915±0,05	-0,039	52,1±3,4
35	1915±0,05	1912±0,07	-0,004	52,4±3,3
36	1912±0,07	1879±0,06	-0,033	52,6±6,2
37	1879±0,06	1876±0,05	-0,003	49,0±5,5
38	1876±0,05	1873±0,05	-0,003	53,7±3,1
39	1873±0,05	1896±0,05	0,023	50,2±5,5
40	1896±0,05	1902±0,05	0,005	50,9±3,5
41	1902±0,05	1818±0,03	-0,084	48,4±8,1
Média	1908±32,9	1892±37,3	-0,016	51,3±1,8

A regressão linear do teor de nitrogênio corporal em função do peso corporal no final de cada semana não apresentou ajuste devido a pouca variação no peso corporal e na composição proteica das aves durante o período experimental. Neste caso, a exigência líquida de nitrogênio para ganho de peso foi de 0% (zero por cento), ou seja, não houve exigência de proteína para o ganho de peso das aves durante o período avaliado.

A eficiência de utilização do nitrogênio para o ganho (*kg*) foi calculada através da relação entre o nitrogênio retido no ganho e o nitrogênio ingerido para o ganho, descontando-se o nitrogênio ingerido para a manutenção e para a produção de ovos (Tabela 6). Como os valores de nitrogênio retido no ganho foram negativos na maioria das semanas experimentais, a eficiência de utilização do nitrogênio também foi negativa.

Tabela 6. Médias dos valores de nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio retido no ganho (NRg), nitrogênio para manutenção (Nm), nitrogênio para produção de ovos (No) e eficiência de utilização de nitrogênio para ganho de peso (*kg*).

Idade semanas	NI	NRg g/ave/dia	Nm <sup>1</sup>	No <sup>2</sup> gN/g ovo	<i>kg</i> <sup>3</sup>
					%
33	2,890±0.06	- 0,203±0.8	1,234±0,02	0,049±0,001	- 1
34	2,258±0.16	- 0,377±0.7	1,223±0,02	0,048±0,001	-1
35	2,462±0.07	0,298±0.1	1,213±0,03	0,048±0,001	-1
36	2,425±0.16	- 0,236±0.9	1,203±0,03	0,047±0,001	- 1
37	2,538±0.06	- 0,505±1.5	1,195±0,03	0,047±0,001	- 1
38	2,575±0.06	0,425±1.1	1,193±0,02	0,047±0,001	- 1
39	2,611±0.07	- 0,376±0.5	1,198±0,02	0,047±0,001	- 1
40	2,193±0.15	0,176±1.2	1,205±0,02	0,048±0,001	- 1
41	1,987±0.21	- 0,403±1.0	1,186±0,02	0,047±0,001	- 1
Média	2.438±0.3	- 0.133±0.11	1,206±0,02	0,048±0,001	- 1

<sup>1</sup> Nm = 0,745\*P<sup>0,75</sup>

<sup>2</sup> No = 0,0294\*P<sup>0,75</sup>

<sup>3</sup> *kg* = NRg/ [NI - (Nm + No)]

A ausência de exigência de N para ganho de peso, assim como, a eficiência negativa de utilização de N não concordam com os valores de 77 mg N/g de peso com 38% de eficiência de utilização de N para poedeiras leves em postura (SAKOMURA et al., 2002) e de 57 mg N/g de peso com 40% de eficiência de utilização de N para matrizes pesadas em reprodução (RABELLO et al., 2002a).

Em contrapartida, com base em resultados experimentais, Scott et al. (1982) preconizaram as exigências de proteína para ganho de peso diário de poedeiras White Leghorn em duas fases de produção, sendo de 1,4 g/dia na fase I (22 a 42 semanas de idade) e 0 (zero) g/dia na fase II (42 semanas até o descarte).

Além disso, Morris (2004) relatou que, no caso de poedeiras em postura, o modelo para determinação da exigência de aminoácidos essenciais proposto por Fisher et al. (1973) não leva em consideração o ganho de peso vivo, mas apenas o peso corporal e a massa de ovos produzida/dia, devido ao modelo ter sido desenvolvido para

poedeiras em pico de postura. O autor ainda comenta que, como aves poedeiras no seu primeiro ano de postura depositam muito mais gordura do que proteína no corpo (com exceção da proteína das penas), o coeficiente mais apropriado para o ganho de peso em aves adultas é provavelmente zero.

Da mesma forma, Rostagno et al. (2011) nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, consideram que o ganho de peso diário é zero para poedeiras semipesadas pesando em torno de 1,900 kg.

Como as aves utilizadas neste estudo já tinham atingido a maturidade sexual (33 a 41 semanas de idade) e não havendo mais crescimento corporal, a energia e a proteína ingeridas foram mobilizadas para a manutenção e produção de ovos. Além disso, também houve gasto energético com a locomoção das aves nos piquetes, as quais apresentaram comportamento bastante ativo mesmo não tendo acesso a pasto ou a qualquer outro tipo de alimento na área externa.

### ***Exigência de Proteína Bruta para Produção de Ovos***

De acordo com a Tabela 7, houve uma pequena redução do peso médio das aves durante o período experimental, a qual foi acompanhada pela diminuição no consumo de ração e na massa de ovos/ave/dia. No entanto, a composição proteica dos ovos variou muito pouco com o avanço da idade das aves.

Tabela 7. Médias de peso vivo, consumo de ração, massa de ovos produzida e composição proteica dos ovos durante o período de 33 a 40 semanas de idade.

Idade semanas	Peso médio g	Consumo		Massa de ovos g/ave/dia	Proteína dos ovos %
33	1948±0,02	116,2±5,9	50,4±0,9	11,24±0,5	
34	1923±0,02	101,0±3,1	50,0±2,1	10,97±0,3	
35	1907±0,02	102,5±3,5	46,5±1,7	11,30±0,3	
36	1919±0,03	108,4±4,7	44,9±3,3	11,44±0,3	
37	1921±0,03	110,0±3,9	44,2±0,9	11,38±0,1	
38	1907±0,03	108,7±4,7	44,0±1,9	11,06±0,2	
39	1913±0,02	106,5±3,8	43,9±1,8	11,21±0,3	
40	1911±0,03	107,9±4,7	44,2±2,5	11,14±0,3	
Média	1918±0,02	107,7±5,1	46,0±3,0	11,22±0,2	

Chwalibog (1992) observaram uma tendência de redução do teor de proteína dos ovos de poedeiras leves com o aumento da idade durante o período de 27 a 48 semanas de idade, sendo que os teores de gordura e energia dos ovos aumentaram

significativamente. Entretanto, Ahn et al. (1997) verificaram que os teores de proteína e lipídeos dos ovos de quatro linhagens de poedeiras leves não foram afetados pela idade das aves.

O valor médio de 11,22% de proteína bruta dos ovos das aves deste experimento foi semelhante ao encontrado por Sakomura et al. (2002) de 11,42% de proteína nos ovos de poedeiras leves, porém inferior aos teores relatados por Rabello et al. (2002a) de 12,25% para ovos de matrizes pesadas e por Chwalibog (1992) de 13,11% para ovos de White Leghorn.

Ahn et al. (1997) ao estudarem o efeito do tamanho do ovo, da idade da ave e da linhagem sobre a composição dos ovos verificaram que a composição dos ovos inteiros, da gema e da clara foram afetados significativamente pelas diferentes linhagens de poedeiras.

A eficiência de utilização de nitrogênio para produção de ovos foi calculada dividindo-se o nitrogênio retido nos ovos pelo teor de nitrogênio ingerido descontados os valores de exigência de nitrogênio para manutenção e para ganho de peso, resultando em uma eficiência média de 0,62 no período experimental (Tabela 8).

Tabela 8. Médias dos valores nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio para manutenção (Nm), nitrogênio retido no ovo (NRo) e eficiência de utilização do nitrogênio para produção de ovos (*ko*).

Idade (semanas)	NI	Nm <sup>1</sup>	NRo	<i>ko</i> <sup>2</sup>
		g/ave/dia		%
33	2,762±0,14	1,222±0,01	0,906±0,05	59,4±7,6
34	2,401±0,07	1,213±0,008	0,878±0,04	74,0±3,7
35	2,437±0,08	1,212±0,009	0,841±0,04	68,8±4,6
36	2,577±0,11	1,215±0,01	0,822±0,05	60,5±3,1
37	2,614±0,09	1,212±0,01	0,804±0,03	57,5±3,3
38	2,584±0,11	1,210±0,01	0,780±0,05	57,0±4,6
39	2,531±0,09	1,211±0,01	0,787±0,04	59,8±4,3
40	2,565±0,11	1,199±0,01	0,788±0,06	57,7±2,0
Média	2,559±0,11	1,212±0,006	0,826±0,05	61,8±6,2

<sup>1</sup> Nm = 0,745 \* P<sup>0,75</sup>

<sup>2</sup> *ko* = NRo / (NI - Nm)

A eficiência de utilização de N para produção de ovos estimada neste trabalho foi semelhante ao valor de 0,59 obtido com poedeiras leves por Sakomura et al. (2002). Por outro lado, Scott et al. (1982) e Rabello et al. (2002a) preconizaram valores

inferiores de eficiência de utilização de nitrogênio para a produção de ovos de 0,55 e 0,47, respectivamente.

A exigência de proteína bruta (PB) para a produção de ovos foi calculada dividindo-se o teor de proteína do ovo (11,22%) pela eficiência de utilização da proteína para produção (0,62), resultando em 0,184 g de PB/g ovo produzido.

A exigência de PB para a produção de ovos estimada neste experimento foi inferior aos valores obtidos por Sakomura et al. (2002) para poedeiras leves (0,301 g de PB/g ovo) e por Rabello et al. (2002a) para matrizes pesadas (0,262 g de PB/g de ovo), porém superior à exigência de 0,174 g de PB/g ovo preconizada por Waldroup et al. (1976).

De acordo com Eits et al. (2005), os valores de exigência de PB na dieta para maximizar a produção de ovos são menores para poedeiras alojadas em piso do que para as aves alojadas em gaiolas. De acordo com estes autores, o efeito do sistema de criação sobre a exigência de proteína pode ser explicada pelo fato de que as aves no piso aumentam seu consumo alimentar quando submetidas a níveis de proteína mais baixos na dieta, enquanto que as das gaiolas tendem a reduzir o consumo quando alimentadas com dietas com menores níveis de proteína.

### ***Equação de Predição das Exigências Proteicas***

A partir dos valores obtidos para as exigências de proteína bruta para manutenção e produção de ovos, foi proposta a seguinte equação de predição das exigências diárias de PB para galinhas caipiras em postura:  $PB = 4,7 * P^{0,75} + 0,18 * MO$ , em que: PB é a exigência de proteína bruta (g/ave/dia),  $P^{0,75}$  é o peso metabólico médio (kg) e MO é a massa de ovos (g/ave/dia).

Utilizando este modelo é possível estabelecer estimativas das exigências de proteína de acordo com os resultados de desempenho de poedeiras caipiras em produção ao longo do tempo.

### ***Estimativas das Exigências de Proteína Bruta através do Modelo Desenvolvido***

A partir dos dados de desempenho produtivo (peso médio, ganho de peso, consumo, produção e peso dos ovos) do Manual de Criação da linhagem Embrapa 051 foram realizadas estimativas das exigências de proteína bruta para a manutenção, produção

de ovos e exigência total utilizando a equação de predição gerada neste trabalho, comparando-se, então, com as recomendações propostas pelo Manual (Tabela 9).

Tabela 9. Estimativas das exigências de proteína bruta para manutenção (PBm), para o ganho de peso (PBg), para a produção de ovos (PBo) e exigência total (PBt) da linhagem Embrapa 051 através do modelo desenvolvido e do manual da linhagem.

Idade (semanas)	Modelo				Manual		
	PBm	PBg	PBo	PBt	PB ração	PBt	PB ração
	g/ave/dia				%		
30	8,5	0	9,5	18,0	15,5	18,6	16
35	8,8	0	9,7	18,5	15,4	19,2	16
40	9,1	0	9,7	18,8	15,7	19,2	16
45	9,2	0	9,6	18,8	15,8	19,0	16
50	9,4	0	9,3	18,7	15,8	18,3	15,5
55	9,5	0	9,0	18,5	15,8	18,1	15,5
60	9,6	0	8,7	18,3	15,8	18,0	15,5
65	9,8	0	8,4	18,1	15,8	17,8	15,5
70	9,9	0	7,8	17,7	15,7	17,5	15,5
75	10,0	0	7,3	17,3	16,0	16,7	15,5
Média	9,4	0	8,9	18,3	15,7	18,2	15,7
% Exigência	51	0	49	100		100	

As exigências totais de PB preditas pela equação em g/ave/dia e em % foram bastante semelhantes às exigências recomendadas pelo Manual da linhagem.

De acordo com a equação proposta neste estudo, a média da exigência de PB para manutenção no período avaliado representou 51,3% da exigência total de PB, sendo a exigência de PB para produção de ovos 48,7% da exigência total.

Entretanto, de acordo com Rabello et al. (2002b), a maior parte da proteína bruta fornecida para as aves é destinada à produção de ovos, sendo que pequenas diferenças na produção refletem nas exigências. Os autores verificaram que as estimativas das exigências de PB para a produção e massa de ovos de reprodutoras pesadas através de equações de predição foram de 60 a 70% em relação à estimativa da PB total.

O tipo de alojamento e os parâmetros de desempenho das aves têm influência sobre a partição das exigências energéticas em manutenção e produção. Devido ao melhor potencial produtivo das reprodutoras pesadas, a exigência de PB para a produção de ovos das aves do trabalho de Rabello et al. (2002b) correspondeu à maior parte das exigências proteicas totais. Enquanto que a linhagem caipira utilizada neste estudo apresentou uma exigência de PB para manutenção maior do que a exigência de PB para

produção, provavelmente devido ao seu menor potencial produtivo e ao maior gasto calórico com atividades físicas no manejo semi-intensivo.

De acordo com as estimativas apresentadas na Tabela 9, observa-se uma redução nas exigências estimadas de PB para produção de ovos durante o período avaliado, a qual está relacionada com a diminuição da massa de ovos produzida pelas aves ao longo do tempo.

Entretanto, também pode ser verificado um aumento das exigências de PB para manutenção com o avanço da idade das aves. Esse aumento deve-se, principalmente, aos valores crescentes de pesos vivos semanais sugeridos pelo Manual da linhagem, os quais foram utilizados na predição das exigências. No entanto, o ganho de peso de galinhas poedeiras em postura geralmente está relacionado ao acúmulo de gordura na carcaça. No decorrer do experimento, as aves utilizadas para a determinação das exigências de proteína mesmo alimentadas à vontade não apresentaram ganho de peso considerável, sendo então questionável tal parâmetro sugerido pelo Manual da linhagem. Aplicando-se na equação de predição os parâmetros de desempenho (ganho de peso semanal, consumo de ração e massa de ovos produzida) verificados nas aves deste experimento (Tabela 10), a estimativa da exigência proteica foi consideravelmente menor do que a estimativa realizada com os parâmetros sugeridos pelo Manual da linhagem (14,8% vs. 16% no período de 30 a 40 semanas de idade). Essa diferença deveu-se, principalmente, aos valores inferiores de peso vivo semanal que influenciaram diretamente na menor exigência de proteína bruta para manutenção.

Tabela 10. Estimativa da exigência de proteína bruta através do modelo desenvolvido utilizando os dados de desempenho das galinhas Embrapa 051 durante o período experimental.

Idade semanas	Peso médio g	Consumo	Massa de ovos g/ave/dia	Exig. PB <sup>1</sup>	Exig. PB
					%
33	1948	116,2	50,4	16,8	14,5
34	1923	101,0	50,0	16,7	16,5
35	1907	102,5	46,5	16,0	15,6
36	1919	108,4	44,9	15,7	14,5
37	1921	110,0	44,2	15,6	14,2
38	1907	108,7	44,0	15,5	14,3
39	1913	106,5	43,9	15,5	14,5
40	1911	107,9	44,2	15,6	14,5
Média	1918	107,7	46,0	15,9	14,8

<sup>1</sup> Exig. PB = exigência de proteína bruta

## CONCLUSÕES

A equação de predição das exigências de proteína bruta para poedeiras caipiras em produção estimada em função dos resultados obtidos é:

$$PB = 4,7 * P^{0,75} + 0,18 * MO$$

em que: PB é a exigência de proteína bruta (g/ave/dia),  $P^{0,75}$  é o peso metabólico médio (kg) e MO é a massa de ovos (g/ave/dia).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHN, D.U.; KIM, S.M.; SHU, H. Effect of egg size and strain and age of hens on the solids content of chicken eggs. **Poultry Science**, v.76, p.914-919, 1997.
- ALBINO, L.F.T., FIALHO, F.B., BELLAVER, C. et al. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1625-29, 1994.
- ALBINO, L.F.T.; NERY, L.R.; VARGAS JÚNIOR, J.G. et al. **Criação de frangos e galinha caipira: Avicultura alternativa**. 2 ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. p. 12-17.
- BASAGLIA, R.; SAKOMURA, N.K.; RESENDE, K.T. et al. Exigência de proteína para frangas de postura de 1 a 18 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.556-563, 1998.
- BASSI, L.; SAATKAMP, M.; ROSA, P.S. et al. **Poedeira Embrapa 051**. Folder. Embrapa Suínos e Aves. 2006.
- CHWALIBOG, A. Factorial estimation of energy requirement for egg production. **Poultry Science**, v.71, p.509-515, 1992.
- EITS, R.M., KWAKKEL, R.P., REINDSEN, B.G.E. et al. Effect of housing system on balanced protein requirements in laying hens. In: 15<sup>th</sup> EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, 2005, Balantonsfüred, Hungary. **Anais...** Hungary: World Poultry Science Association, 2005.
- FILARDI, R.S., SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R. et al. Equações de predição das exigências de proteína bruta para matrizes pesadas em crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.2308-2315, 2000 (Supl. 2).
- FISHER, C., MORRIS, T.R., JENNINGS, R.C. A model for the description and prediction of responses of laying hens to amino acid intake. **British of Poultry Science**, v.52, p.423-445, 1973.
- HELLMEISTER FILHO, P., MENTEN, J.F.M., SILVA, M.A.N. et al. Efeito de genótipo e do sistema de criação sobre o desempenho de frangos tipo caipira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1883-1889, 2003 (Supl.2).

- HURWITZ, L., BORNSTEIN, S. The protein and amino acid requirement of laying hens: suggested models for calculation. **Poultry Science**, v.52, p.1124-1134, 1973.
- KINGORI, A.M.; TUITOEK, J.K.; MUIRURI, H.K et al. Protein intake of growing indigenous chickens on free-range and their response to supplementation. **International Journal of Poultry Science**, v.6, p.617-621, 2007.
- LONGO, F.A., SAKOMURA, N.K., FIGUEIREDO, A.N. et al. Equações de predição das exigências protéicas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.1521-1530, 2001.
- MACLEOD, M.G. Energy and nitrogen intake, expenditure and retention at 20° in growing fowl given diets with a wide range of energy and protein contents. **British Journal of Nutrition**, v.64, p.625-637, 1990.
- MATOS, P.G.J., MAQUINÉ, L.C., CRUZ, F.G.G. et al. Desempenho de linhagens avícolas caipiras criadas em confinamento e semiconfinamento. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, Fortaleza, 2008. **Anais...**
- MORRIS, T.R. Nutrition of chicks and layers. Reviews. **World's Poultry Science Journal**, v.60, p.5-18, 2004.
- NEME, R.; SAKOMURA, N.K.; FUKAYAMA, E.H. et al. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.1091-1100, 2006.
- PESTI, G.M., THOMSON, E., FARRELL, D.J. Energy exchange of two breeds of hens in respiration chambers. **Poultry Science**, v.69, p.98-104, 1990.
- RABELLO, C.B.V., SAKOMURA, N.K., LONGO, F.A. et al. Equação de predição da exigência de proteína bruta para aves reprodutoras pesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1204-1213, 2002a.
- RABELLO, C.B.V., SAKOMURA, N.K., LONGO, F.A. Efeito da temperatura ambiente nas exigências de proteína bruta para galinhas reprodutoras pesadas na fase de produção. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.99, p.161-165, 2004.
- RABELLO, CBV.; SAKOMURA, N.K.; EZEQUIEL, J.M.B. et al. Estimativas das exigências de energia metabolizável e de proteína bruta através de equações de predição para aves reprodutoras pesadas. **Revista Científica de Produção Animal**, v.4, p.22-36, 2002b.

- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**, 3 ed. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011.
- SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., RESENDE, K.T. Modelo para determinar as exigências de proteína para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2247-2254, 2002.
- SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. **Poultry Science**, v.85, p.1421-1429, 2006.
- SANTOMÁ, G. Necesidades protéicas de las galinhas ponedoras. In: DE BLAS, C. y MATEOS, G. G. (ed.) **Nutricion y alimentación de gallinas ponedoras**, Madrid: Mundi-Prensa, 1991. p.71-114.
- SAS, 2005. Statistical Analysis Systems, Institute Inc. 9.1.2. Qualification Tools User's Guide, SAS, Institute Inc, Cary.
- SCOTT, M. L., NESHEIM, M.C., YOUNG, R.J. **Nutrition of the chicken**. 3 ed. Ithaca: M. L. Scott & Ass, 1982.
- SIBBALD, I. R.; FORTIN, A. Preparation of dry homogenates from wholes and eviscerated chickens. **Poultry Science**, v.61, p.589-590, 1982.
- SONG, C.L.; MA, Q.G.; GUO, H. et al. Comparative study of nitrogen metabolism and the nitrogen maintenance requirement in Lohmann Brown roosters and layers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.1, p. 49-53, 2010.
- VAN HORNE, P.L.M. Production and economic results of commercial flocks with white layers in aviary systems and battery cages. **British of Poultry Science**, v.7, p.255-261, 1996.
- WALDROUP, P.W.; JOHNSON, Z.; BUSSELL, W. Estimating daily nutrient for broiler breeder hens. **Feedstuffs**, v.48, p.19-20, 1976.
- WOLYNETZ, M.S., SIBBALD, I.R. Need comparative slaughter experiments in poultry research. **Poultry Science**, v.66, p.1961-1972, 1987.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

As atuais recomendações nutricionais para aves poedeiras são, em grande parte, baseadas em pesquisas com aves alojadas em gaiolas. Entretanto, aves de linhagem caipira criadas em sistema alternativo apresentam características metabólicas e produtivas distintas das aves comerciais criadas em sistema intensivo, as quais influenciam diretamente nas exigências nutricionais das mesmas. O estudo do metabolismo energético e proteico, assim como o conhecimento das exigências de energia metabolizável (EM) e de proteína bruta (PB) de aves desenvolvidas para a criação caipira na fase de postura são de grande importância para o balanceamento de rações específicas às mesmas, tornando a produção mais eficiente com a redução dos custos com a alimentação sem perder as características do produto.

A produção de carne e ovos tipo caipira consiste em um ramo da avicultura que tem se destacado na produção animal. Além de ser uma atividade produtiva que pode ser explorada, principalmente pela agricultura familiar, trata-se de uma promissora fonte de renda alternativa por atender a um mercado exigente, interessado em produtos mais naturais e disposto a pagar mais por um produto diferenciado.

No presente estudo foram verificadas diferenças entre as exigências nutricionais de galinhas de postura caipiras e comerciais. As exigências de EM e PB para a manutenção das galinhas caipiras foram mais elevadas devido, principalmente, ao aumento da atividade física e à manifestação do comportamento natural quando manejadas em sistema semi-intensivo. Entretanto, devido à pouca variação no peso corporal e na composição de energia e proteína das aves, não houve exigência de EM e de PB para ganho de peso das galinhas caipiras, pois as mesmas utilizaram a energia e proteína para atender às suas exigências de manutenção e produção durante o período avaliado. Quanto às exigências de EM e PB para a produção de ovos, a exigência de EM foi similar a recomendações encontradas na literatura para poedeiras comerciais, entretanto, o valor da exigência de PB foi inferior e a eficiência de utilização da proteína para a produção de ovos foi superior a valores determinados para poedeiras e matrizes comerciais em outros estudos.

A temperatura ambiente é um dos mais importantes fatores que influenciam nas exigências energéticas e proteicas das aves. Entretanto, o fator temperatura não foi incluído nos modelos de predição das exigências de EM e de PB desenvolvidos neste estudo devido aos ensaios experimentais terem sido realizados em condições de temperatura ambiente, sendo as aves expostas às variações climáticas normais que ocorrem durante o período de 24 horas. Para que o fator temperatura fosse considerado nas equações, as aves deveriam ser submetidas a temperaturas controladas e constantes em câmaras climáticas durante o período experimental, o que, de certo modo teria algum efeito sobre o metabolismo energético e proteico dessas aves e não representaria as condições ambientais naturais de uma criação caipira.

Enfim, os resultados obtidos com este estudo sobre as exigências de energia e proteína para aves poedeiras caipiras na fase de postura são de grande importância para o conhecimento científico sobre as bases fisiológicas das exigências nutricionais desse tipo de ave. Entretanto, vários pontos ainda precisam ser elucidados, principalmente quanto às exigências e eficiências de utilização da EM e PB de aves caipiras submetidas a uma dieta composta por ração balanceada e outras fontes alternativas de alimentos comuns ao sistema de criação, assim como, a influência do acesso das aves à alimentação forrageira sobre o metabolismo energético e proteico.