

Modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte: descrição e implementação¹

Model of simulation of the growth and development of broilers: description and implementation

Gilberto D'Avila Vargas² Nelson Laurino Dionello³
Paulo Antônio Rabenschlag de Brum⁴ Fernando Rutz⁵ Flávio Bello Fialho⁶

RESUMO

O modelo construído tem como objetivos a simulação da manutenção, a deposição de proteína na carcaça e nas penas assim como a deposição de gordura na carcaça, e assume a existência de um pool de nutrientes disponíveis no corpo animal, sendo a simulação do metabolismo animal baseada no fluxo de entrada e saída de nutrientes desse pool. Os nutrientes vindos da ingestão de alimentos ou do catabolismo tecidual são removidos do pool com os destinos de manutenção, deposição de proteína na carcaça, deposição de gordura na carcaça e deposição de proteína nas penas. O processo de simulação é dinâmico, com as exigências de manutenção contabilizadas ao mesmo tempo das deposições de tecidos. Se não houver energia disponível em quantidade adequada para a manutenção, o tecido adiposo e o tecido muscular são catabolizados e a energia é disponibilizada e adicionada ao pool de nutrientes. O nitrogênio (N) também é exigido para manutenção e deposição do tecido muscular. Se o pool de nutrientes não tiver nitrogênio suficiente para a manutenção, tecido muscular é catabolizado para a disponibilização de N. O tecido muscular é depositado numa quantidade determinada pelo potencial genético do animal e pela maior limitação nutricional (nitrogênio ou energia) no pool de nutrientes, da mesma forma que a deposição de proteína nas penas. A quantidade de tecido adiposo depositada depende das reservas de energia no pool de nutrientes, sendo maior quando houver sobra de energia da deposição de proteína na carcaça e nas penas. O efeito de sexo e de diferentes genótipos é expresso através de uma mudança no valor dos parâmetros do modelo. O modelo é eficaz para simular a deposição de proteína e gordura na carcaça bem como a deposição de proteína nas penas.

Palavras-chave: tecido muscular, tecido adiposo, manutenção, catabolismo, penas.

ABSTRACT

A model was developed to simulate the basal metabolism, deposition of protein in carcass and feathers, and carcass fat deposition. The model assumes the existence of a pool of readily available nutrients in the animal, simulating metabolism based on the flow of nutrients to and from this pool. Nutrients are originated from feed intake or tissue catabolism, and may be used for maintenance, feather and carcass protein deposition and carcass fat deposition. The simulation process is dynamic, with maintenance and tissue turnover occurring simultaneously. In case energy is insufficient for maintenance, lean and fat tissues are catabolized, and their energy is added to the pool. Nitrogen (N) is also required for maintenance and lean tissue growth. In case of N deficiency, this nutrient is obtained from muscle catabolism. Feather and lean tissue growth is dependent on genetic background and on the largest nutritional limitation (nitrogen or energy) in the nutrient pool. The amount of fat tissue stored depends on the energy available in the pool, being greater when there is excess energy. The effect of sex and different genotypes is expressed through changes in the parameters. The model is able to simulate deposition of protein and fat in the carcass and protein in the feathers.

Key words: lean tissue, fat tissue, maintenance, catabolism, feathers, metabolism, tissue deposition.

INTRODUÇÃO

Modelagem é a abstração e simplificação da realidade capaz de integrar as principais interações

¹Parte da tese do primeiro autor para a obtenção do título de Doutor em Ciências

²Médico Veterinário, Doutor, Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), 96010-900, Pelotas, RS, Brasil. E-mail: gilbave@ufpel.tche.br

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Zootecnia, UFPEL.

⁴Médico Veterinário, Doutor, Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Suínos e Aves.

⁵Médico Veterinário, PhD, Professor do Departamento de Zootecnia, UFPEL.

⁶Engenheiro Agrônomo, PhD, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho.

e comportamento do sistema estudado, apta a ser manipulada com o objetivo de prever as consequências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema (SPEDDING, 1988). A modelagem é sobretudo uma tentativa de integração de diferentes fenômenos, sendo limitada pelos recursos humanos e materiais disponíveis e/ou utilizados na sua construção (LOVATTO & SAUVANT, 2001).

A modelagem computacional é uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição de produtos melhores e mais econômicos, tanto na indústria como na pesquisa (SPEDDING, 1988). A partir de modelos biológicos razoáveis para um sistema em particular, pode-se ainda proceder simulações que permitam avaliações simultâneas de problemas estudados em vários projetos de pesquisa, as quais poderiam ser economicamente inviáveis em uma experimentação física.

O desenvolvimento de modelos que simulam processos fisiológicos como o metabolismo basal e a deposição de tecidos se tornam necessários não só para o estudo e compreensão destes processos nas aves, mas servem também como uma ferramenta para o aprofundamento nos processos envolvidos, assim como para a identificação de lacunas no conhecimento (McNAMARA et al., 2000). O objetivo deste trabalho foi desenvolver um modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte capaz de simular a manutenção, a deposição de proteína e gordura na carcaça e a deposição de proteína nas penas (Figura 1).

DESCRIÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MODELO

O modelo foi implementado num programa de computador através do software VENSIM (2003).

Consumo de ração e digestão

A simulação do consumo de ração não está incluída no modelo, constituindo-se numa das entradas do mesmo. O processo de digestão não é simulado, devendo a composição da dieta ser expressa em termos de nutrientes (proteína, gordura e carboidrato) digestíveis. A ingestão de proteína digestível (I_p , g dia⁻¹), gordura digestível (I_g , g dia⁻¹) e carboidrato digestível (I_c , g dia⁻¹) é considerada função do consumo de ração e dos valores de digestibilidade dos ingredientes utilizados na composição da ração que serão utilizados como variáveis de entrada para a simulação: $I_p = I \cdot d_p$; $I_g = I \cdot d_g$ e $I_c = I \cdot d_c$

onde I é a ingestão de ração (g dia⁻¹), d_p , d_g e d_c são respectivamente proteína, gordura e

carboidrato digestíveis na dieta ($\text{g}_{\text{nutriente}}/\text{g}_{\text{ração}}$), sendo todos estes valores entradas do modelo.

Pool de nutrientes

O pool de nutrientes é formado por nutrientes disponíveis temporariamente depositados no sangue e em tecidos de alta atividade metabólica, como as vísceras. Os nutrientes absorvidos pelo animal e os nutrientes originados do catabolismo tecidual são incorporados ao pool. A manutenção e os processos produtivos removem os nutrientes do pool. O modelo assume que o pool é formado por proteína, gordura e carboidratos. O pool de nutrientes é formado pelos pools de proteína (R_p , g), gordura (R_g , g) e carboidrato (R_c , g). Na simulação, o valor inicial de cada um dos três pools foi definido como 1g, sendo a taxa de variação dos mesmos ao longo do tempo dada pelas equações abaixo. A taxa de variação no pool de proteína (g dia⁻¹) é dada por: $dR_p/dt = I_p - M_p - P_p - F_p - G_p$ onde M_p é a proteína utilizada para manutenção (g dia⁻¹), P_p é a proteína utilizada para deposição de proteína (g dia⁻¹), F_p é a proteína utilizada para deposição de penas (g dia⁻¹) e G_p é a proteína utilizada para deposição de gordura (g dia⁻¹). A taxa de variação no pool de gordura (g dia⁻¹) é dada por: $dR_g/dt = I_g - M_g - P_g - F_g - G_g$, onde M_g é a gordura utilizada para manutenção (g dia⁻¹), P_g é a gordura utilizada para deposição de proteína (g dia⁻¹), F_g é a gordura utilizada para deposição de penas (g dia⁻¹) e G_g é a gordura utilizada para deposição de gordura (g dia⁻¹). A taxa de variação no pool de carboidrato (g dia⁻¹) é dada por: $dR_c/dt = I_c - M_c - P_c - F_c - G_c$, onde M_c é o carboidrato utilizado para manutenção (g dia⁻¹), P_c é o carboidrato utilizado para deposição de proteína (g dia⁻¹), F_c é o carboidrato utilizado para deposição de penas (g dia⁻¹), G_c é o carboidrato utilizado para deposição de gordura (g dia⁻¹).

Mantença

A exigência de energia para manutenção (M_E , kJ dia⁻¹) do frango é uma função do peso corporal (W , kg) e o modelo assume que M_E seja proporcional ao peso metabólico: $M_E = M_{EW} \cdot W^{0.75}$, onde M_{EW} (kJ dia⁻¹ kg^{-0.75}) é a energia de manutenção por peso metabólico. Segundo o NRC (1994), esta exigência é 459,8 kJ dia⁻¹ kg^{-0.75}, sendo este o valor utilizado no modelo.

A energia para a manutenção pode vir da proteína, gordura ou do carboidrato. Os valores de energia contidos na proteína (E_p , kJ g⁻¹), gordura (E_g , kJ g⁻¹) e carboidrato (E_c , kJ g⁻¹) utilizados no modelo foram, respectivamente, 18,40, 39,32 e 17,36 kJ g⁻¹, de acordo com os valores de PEIXOTO e MAIER

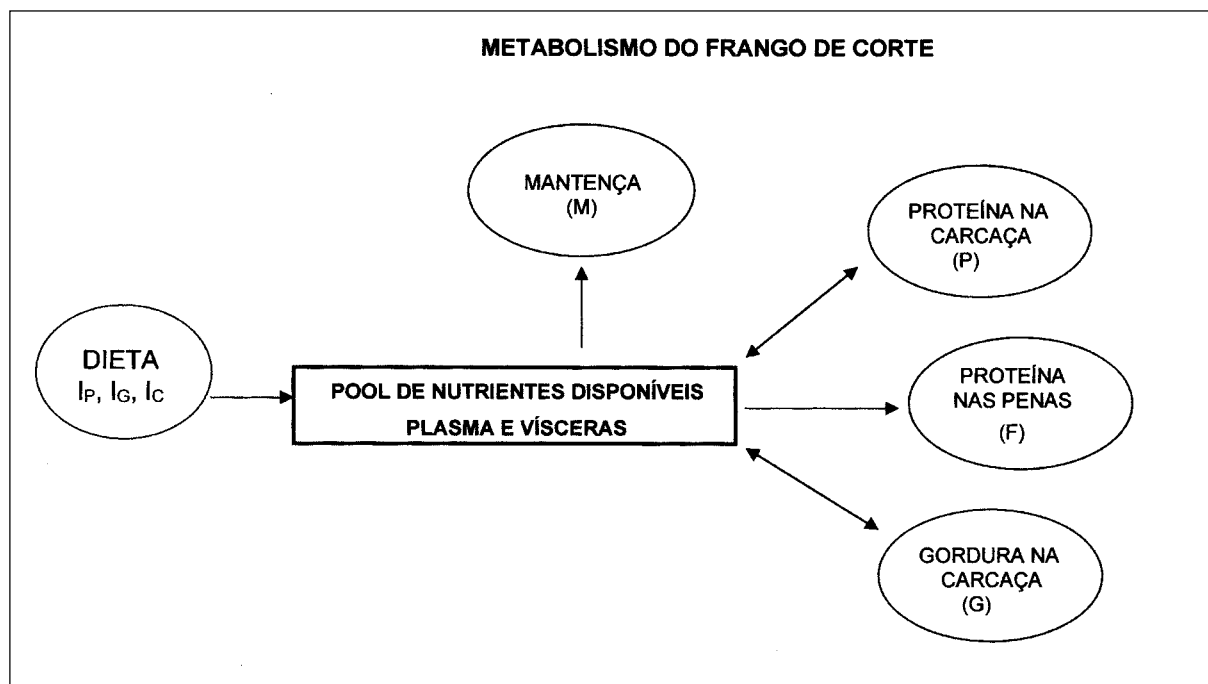


Figura 1 – Modelo do metabolismo de frangos de corte. I_p = proteína digestível ingerida; I_g = gordura digestível ingerida; I_c = carboidrato digestível ingerido.

(1993). A reserva de energia no pool de nutrientes (R_E , kJ) é a soma das energias de cada um dos seus componentes: $R_E = R_P \cdot E_P + R_G \cdot E_G + R_C \cdot E_C$

Além da energia, uma certa quantidade de nitrogênio se faz necessária para a manutenção. A proteína utilizada para manutenção (M_P , g dia⁻¹) tanto pode ser destinada a suprir a exigência de energia como a de nitrogênio. A quantidade diária de proteína necessária para suprir as exigências de manutenção de energia (M_{PE} g dia⁻¹) é dada por: $M_{PE} = M_E \cdot R_P / R_E$.

A quantidade diária de proteína necessária para suprir as exigências de manutenção de nitrogênio (M_{PN} , g dia⁻¹) está relacionada com a quantidade de proteína na carcaça, de acordo com EMMANS (1986): $M_{PN} = M_N \cdot Wm_p^{(-0.27)} \cdot P$, onde M_N é a exigência em nitrogênio para manutenção (M_N , g_N dia⁻¹ g_P^{-0.73}), sendo utilizado o valor de 8 g_N dia⁻¹ g_P^{-0.73} tanto para machos como para fêmeas de EMMANS (1986), Wm_p (g) é o peso na maturidade da proteína da carcaça e P (g) é a massa total de proteína na carcaça. GOUS et al. (1999) utilizaram valores de Wm_p de 1006g para machos e 707g para fêmeas, sendo esses os valores inicialmente utilizados no modelo.

A proteína efetivamente utilizada para manutenção corresponde ao maior valor entre as duas exigências (M_{PE} e M_{PN}): $M_p = \text{MAX}(M_{PE}, M_{PN})$.

Se a exigência de proteína utilizada para manutenção (M_p) for determinada pela exigência de

energia (M_{PE}), a proteína, gordura e carboidrato para manutenção serão proporcionais às suas reservas no pool de nutrientes. Já se for determinada pela exigência de nitrogênio (M_{PN}), parte da energia que viria de gordura e carboidrato estará sendo suprida pela proteína. Logo o gasto de gordura e carboidrato para fornecer energia será menor e o cálculo dos mesmos mais complexo. Após ter sido calculada a energia suprida pela proteína, deve-se proceder o cálculo do restante da energia a ser suprida pela gordura e carboidrato, denominada, no modelo, exigência de energia para manutenção além da proteína (M_{EGC} , kJ dia⁻¹): $M_{EGC} = M_E - M_p \cdot E_P$.

A energia contida no pool de gordura e carboidrato (R_{EGC} , kJ) é necessária para o cálculo da utilização de gordura e carboidrato para manutenção, sendo obtida da seguinte maneira: $R_{EGC} = R_G \cdot E_G + R_C \cdot E_C$.

A gordura (M_G , g dia⁻¹) e o carboidrato (M_C , g dia⁻¹) utilizados para manutenção podem, desta maneira, ser calculados: $M_G = M_{EGC} \cdot R_G / R_{EGC}$ e $M_C = M_{EGC} \cdot R_C / R_{EGC}$.

Catabolismo tecidual

O modelo assume que o catabolismo tecidual será maior quando não houver no pool uma quantidade de nutrientes que possa fornecer a energia necessária para satisfazer as exigências de energia para manutenção, situação em que a proteína e gordura na carcaça serão catabolizadas para a produção de energia.

O catabolismo ocorre sempre, mas o seu nível depende das reservas no pool. O modelo considera que catabolismo e deposição de tecido ocorrem juntos. Na manutenção, o catabolismo é igual a deposição. Acima da manutenção, a deposição é maior que o catabolismo, havendo no balanço uma deposição de tecido. Abaixo da manutenção, o catabolismo é maior que a deposição, havendo uma redução da massa de tecido. Salienta-se que a proteína contida nas penas uma vez depositada não pode mais ser reutilizada. O modelo assume que a taxa de catabolismo máximo para proteína (C_{Pmax} , g dia⁻¹) e gordura (C_{Gmax} , g dia⁻¹) na carcaça são função da exigência de energia para manutenção: $C_{Pmax} = M_E / E_p$ e $C_{Gmax} = M_E / E_G$.

Deposição de proteína na carcaça

A deposição de proteína na carcaça (P_d , g dia⁻¹) é limitada pela quantidade de proteína disponível no pool de nutrientes, pela energia disponível para esta deposição e pelo potencial genético do animal (figura 2).

A taxa máxima de deposição protéica (P_{dmax} , g dia⁻¹) é dependente do genótipo da ave e foi

determinada no modelo em função da proteína na carcaça usando a relação descrita por GOUS et al. (1999): $P_{dmax} = B_p \cdot P \cdot \ln(W_{mP} / P)$, onde B_p é a taxa de maturação para proteína na carcaça por dia definida por GOUS et al. (1999) como 0,0355 para machos 0,0369 para fêmeas e W_{mP} é o mesmo utilizado no cálculo da manutenção.

A taxa de deposição pode ser limitada pelas reservas de energia ou de nutrientes individuais (nitrogênio protéico) no pool de nutrientes. O modelo utiliza uma função exponencial para regular a deposição de proteína em função das reservas de nutrientes e energia no pool. A taxa de deposição de proteína limitada pelo nitrogênio (P_{dN} , g dia⁻¹) é definida por: $P_{dN} = P_{dmax} - (P_{dmax} + C_{Pmax}) \cdot \exp(-k_N \cdot R_p)$, onde k_N é a constante reguladora da deposição de proteína limitada pelo nitrogênio (1 g⁻¹).

A taxa de deposição de proteína limitada pela energia (P_{dE} , g dia⁻¹) é definida por: $P_{dE} = P_{dmax} - (P_{dmax} + C_{Pmax}) \cdot \exp(-k_E \cdot R_E)$, onde k_E é a constante reguladora da deposição de proteína limitada pela energia (1 kJ⁻¹). As constantes k_N e k_E relacionam a proteína e energia que estão disponíveis no pool com

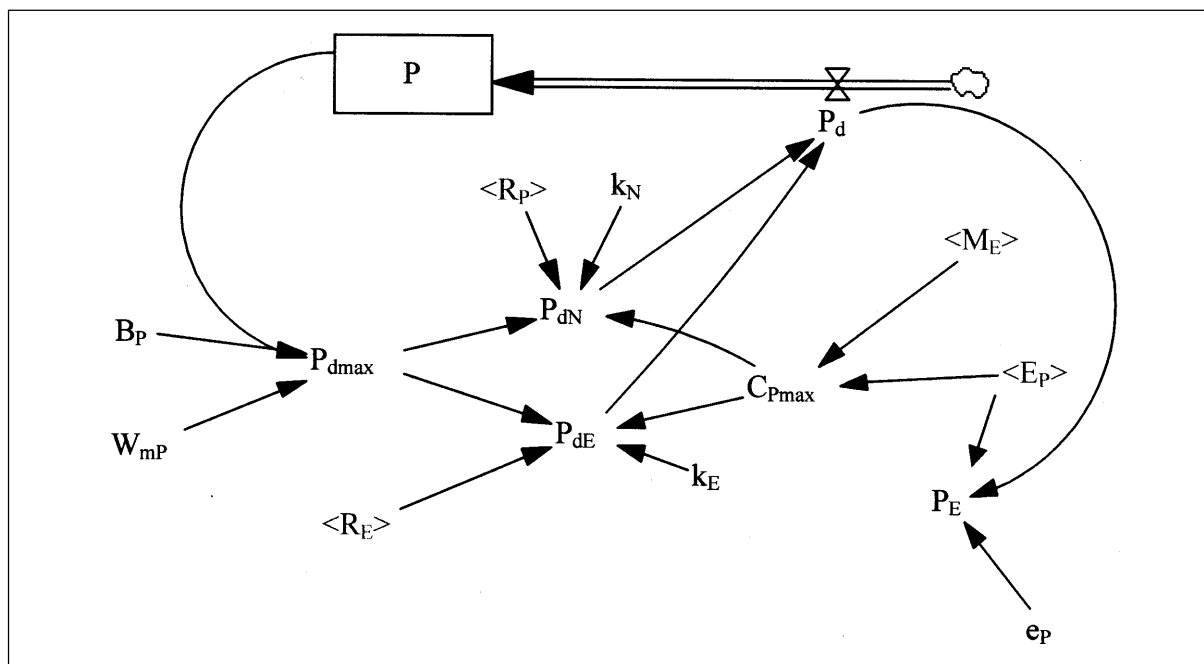


Figura 2 - Implementação do modelo no software Vensim (2003) - Deposição de proteína na carcaça. B_p = taxa de maturação da proteína na carcaça (1 dia⁻¹); C_{Pmax} = taxa máxima de catabolismo da proteína (g dia⁻¹); e_p = eficiência energética da deposição de proteína; E_p = energia da proteína (kJ g⁻¹); k_E = constante reguladora da deposição de proteína, limitada pela energia (1 kJ⁻¹); k_N = constante reguladora da deposição de proteína, limitada pelo nitrogênio (1 g⁻¹); M_E = exigência de energia para manutenção (kJ/dia); P = proteína na carcaça (g); P_d = taxa de deposição de proteína na carcaça (g dia⁻¹); P_{dE} = taxa de deposição de proteína limitada pela energia (g dia⁻¹); P_{dmax} = taxa máxima de deposição de proteína (g dia⁻¹); P_{dN} = taxa de deposição de proteína limitada pelo nitrogênio (g dia⁻¹); P_E = energia adicional para a deposição de proteína na carcaça (kJ dia⁻¹); R_E = energia no pool de nutrientes (kJ); R_p = pool de proteína (g); W_{mP} = peso na maturidade da proteína da carcaça (g).

o limite da quantidade de proteína que vai ser depositada, ou seja, elas promovem uma redução na taxa de deposição quando há uma redução na disponibilidade de nutrientes. Tais constantes tiveram que ser determinadas no processo de calibração do modelo, pois não são encontradas na literatura.

De acordo com o que foi proposto fica definido que a deposição de proteína na carcaça (P_d , g dia⁻¹) será limitada pelo menor valor entre P_{dN} , e P_{dE} : $P_d = \text{MIN}(P_{dN}, P_{dE})$

A taxa de variação da massa de proteína na carcaça ao longo do tempo é definida da seguinte forma: $dP/dt = P_d$

A energia utilizada para a deposição de proteína dependerá da quantidade de proteína que está sendo depositada. Segundo o ARC (1980), a eficiência energética da deposição de proteína (e_p) é de 0,54 o que significa que 0,54 kJ de proteína serão depositadas para cada kJ de energia utilizada na deposição. A energia adicional utilizada na deposição de proteína na carcaça (P_E , kJ dia⁻¹) é a quantidade de energia necessária para deposição, descontando-se a energia contida na proteína depositada: $P_E = (1/e_p - 1) \cdot P_d \cdot E_p$. A utilização da proteína que está presente no pool para a deposição em proteína na carcaça (P_P , g dia⁻¹) é definida pela soma da proteína depositada com uma quantidade adicional de proteína para suprir a demanda de energia: $P_P = P_d + P_E \cdot R_P / R_E$

Além da proteína, gordura (P_G , g dia⁻¹) e carboidrato (P_C , g dia⁻¹) podem ser utilizados para fornecer energia para deposição de proteína na carcaça sendo os valores proporcionais às reservas dos nutrientes no pool: $P_G = P_E \cdot R_G / R_E$ e $P_C = P_E \cdot R_C / R_E$

Deposição de proteína nas penas

A deposição de proteína nas penas (F_d , g dia⁻¹), assim como a deposição de proteína na carcaça, é limitada pela quantidade de proteína e energia disponível no pool de nutrientes e pelo potencial genético do animal. A taxa máxima de deposição de proteína nas penas (F_{dmax} , g dia⁻¹) é dependente do genótipo da ave, sendo utilizada a relação descrita por GOUS et al. (1999): $F_{dmax} = B_F \cdot F \cdot \ln(Wm_F / F)$, onde B_F é a taxa de maturação para proteína nas penas (1 dia⁻¹), Wm_F é o peso na maturidade de proteína nas penas (g) e F é a massa de proteína nas penas (g). GOUS et al. (1999) determinou B_F como 0,0403 para machos e 0,0423 para fêmeas e Wm_F como 303 para machos e 233 (g) para fêmeas. A taxa de deposição de proteína nas penas limitada pelo nitrogênio (F_{dN} , g dia⁻¹) e a taxa de deposição de proteína nas penas limitada pela energia (F_{dE} , g dia⁻¹) são definidos por equações semelhantes às de deposição de proteína na

carcaça, porém sem o termo relativo ao catabolismo, já que as penas não são catabolizadas:

$$F_{dN} = F_{dmax} \cdot (1 - \exp(-k_N \cdot R_P)) \text{ e } F_{dE} = F_{dmax} \cdot (1 - \exp(-k_E \cdot R_E)).$$

A deposição de proteína nas penas (F_d , g dia⁻¹) será limitada pelo menor valor entre F_{dN} , e F_{dE} : $F_d = \text{MIN}(F_{dN}, F_{dE})$.

A taxa de variação da massa de proteína nas penas (F , g) ao longo do tempo é definida da seguinte forma: $dF/dt = F_d$.

A utilização de nutrientes para deposição de proteína nas penas é calculada de modo semelhante à deposição na carcaça. A energia adicional utilizada na deposição de proteína nas penas (F_E , kJ dia⁻¹) é a quantidade de energia necessária para deposição, descontando-se a energia contida na proteína depositada nas penas: $F_E = (1/e_p - 1) \cdot F_d \cdot E_p$.

A utilização da proteína que está presente no pool para a deposição em proteína nas penas (F_P , g dia⁻¹) é definida pela soma da proteína depositada com uma quantidade adicional de proteína para suprir a demanda de energia: $F_P = F_d + F_E \cdot R_P / R_E$.

Além da proteína, uma certa quantidade de gordura (F_G , g dia⁻¹) e de carboidrato (F_C , g dia⁻¹) é utilizada para fornecer energia para deposição de proteína nas penas sendo os valores proporcionais às reservas dos nutrientes no pool: $F_G = F_E \cdot R_G / R_E$ e $F_C = F_E \cdot R_C / R_E$

Deposição de gordura na carcaça

A taxa de deposição de gordura na carcaça (G_d , g dia⁻¹) é limitada apenas pela quantidade de energia disponível no pool de nutrientes para deposição de gordura. O frango de corte tem a capacidade de depositar tanta gordura quanto for a disponibilidade de energia no pool de nutrientes, pois invariavelmente toda a energia que ultrapassa as exigências da ave para manutenção e deposição de tecido muscular é armazenada como gordura (KESSLER et al., 2000).

A deposição de gordura (G_d , g dia⁻¹) é calculada pela diferença entre o acúmulo de gordura (proporcional às reservas de energia no pool) e o catabolismo de gordura:

$G_d = k_G \cdot R_E / E_G - C_{Gmax}$, onde k_G é a constante reguladora da deposição de gordura (1 dia⁻¹). A constante k_G estabelece a relação entre as reservas de energia do pool e a taxa de deposição de gordura.

A taxa de variação da massa de gordura na carcaça (G , g) ao longo do tempo é definida da seguinte forma: $dG/dt = G_d$.

A energia utilizada para a deposição de gordura dependerá da quantidade de gordura que está

sendo depositada. A energia depositada como gordura (G_E , kJ dia⁻¹) é assim definida: $G_E = G_d \cdot E_G$

A gordura depositada pode ter origem na proteína (G_P , g dia⁻¹), carboidrato (G_C , g dia⁻¹) ou gordura (G_G , g dia⁻¹) do pool de nutrientes, possuindo diferentes eficiências energéticas de conversões: $G_P = G_E \cdot R_P / R_E / e_{PG}$, onde $e_{PG} = 0,53$ eficiência energética da conversão de proteína em gordura (BLACK, 2000), $G_C = G_E \cdot R_C / R_E / e_{CG}$, onde $e_{CG} = 0,74$ é a eficiência energética da conversão de carboidrato em gordura (BLACK, 2000), $G_G = G_E \cdot R_G / R_E / e_{GG}$, onde $e_{GG} = 0,9$ é a eficiência energética da deposição de gordura como tal (BLACK, 2000).

Peso corporal

Para determinar o peso corporal (W , kg) foi utilizada a metodologia descrita por HRUBY et al. (1994) sendo feita uma relação alométrica do peso da proteína da carcaça (P , g) para determinar o conteúdo de cinzas e água na carcaça. O peso corporal é obtido somando-se o peso da proteína e gordura na carcaça com o peso da proteína das penas (supondo-se que 95% das penas são proteína) pela seguinte equação: $W = P/1000 + 0,239 \cdot (P/1000)^{0,898} + 3,259 \cdot (P/1000)^{0,893} + G/1000 + F/1000/0,95$, onde P é a massa de proteína na carcaça (g), G é a massa de gordura na carcaça (g) e F é a massa de proteína nas penas (g).

CONCLUSÕES

O modelo de simulação do crescimento e desenvolvimento de frangos de corte é capaz de simular a deposição de proteína e gordura na carcaça bem como a deposição de proteína nas penas.

AGRADECIMENTOS

À Professora Nilva Sakomura e ao Pesquisador Flávio Alves Longo da Universidade Estadual Paulista - Unesp/Jaboticabal, e ao Professor Alexandre de Mello Kessler da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo fornecimento de dados experimentais utilizados no estudo do modelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The Nutrient Requirements of Pigs**. Slough, UK : Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980.
- BLACK, J.L. **Modeling growth and lactation in pigs**. London, UK : CAB International, 2000. 30p.
- EMMANS, G.C. Growth, body composition, and feed intake. In: BRITISH POULTRY BREEDERS ROUND TABLE, 28., 1986, Edinburgh, Scotland. **Proceedings...** Edinburgh, 1986. p.208-227.
- GOUS, R.M. et al. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. **Poultry Science**, v.78, p.812-821, 1999.
- HRUBY, M. et al. Growth modeling as a tool for predicting amino acid requirements of broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.3, p.403-415, 1994.
- KESSLER, A.M. et al. Manipulação da quantidade de gordura na carcaça de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO 2000 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, SP : FACTA, 2000. p.107-133.
- LOVATTO, P.A.; SAUVANT, D. Modelagem aplicada aos processos digestivos e metabólicos do suíno. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.663-670, 2001.
- McNAMARA, J.P. et al. **Modeling nutrient utilization in farm animals**. London, UK : CAB International, 2000. 22p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9.ed. Washington DC : National Academy; 1994. 155p.
- PEIXOTO, R.R.; MAIER, J.C. **Nutrição e alimentação animal**. 2.ed. Pelotas : UCPel, EDUCAT, 1993. 169p.
- SPEDDING, C.R.W. General aspects of modelling and its application in livestock production In: KORVER S.; VAN ARENDONK J.A.M. (ed). **Modelling of livestock production systems**. Brussels (Belgium): Kluwer Academic, 1988. p.3-9.
- VENSIM. **The Ventana Simulation Environment: Vensim PLE 32 Version 5.2a**. Harvard : Ventana Systems, 2003. CD rom.