

## Descrição do potencial de retenção de nitrogênio em frangas de postura por diferentes metodologias: máxima deposição e estimativas da ingestão de metionina+cistina

### Description of the potential for nitrogen retention in pullets by different methodologies: maximum deposition and estimates of intake of methionine+cystine

Edney Pereira da Silva<sup>1\*</sup> Nilva Kazue Sakomura<sup>1</sup> Jose Anchieta de Araújo<sup>1</sup> Luciano Hauschild<sup>1</sup>  
Euclides Braga Malheiros<sup>1</sup> Juliano Cesar de Paula Dorigam<sup>1</sup>

#### RESUMO

Objetivou-se descrever o máximo potencial de deposição de nitrogênio e estimar a ingestão de metionina+cistina pela técnica do balanço de nitrogênio e abate comparativo. Foram realizados ensaios no período de 14 a 28, 56 a 70 e 98 a 112 dias de idade, utilizando 168 frangas Dekalb White, distribuídas em sete tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram de níveis de proteína na dieta, variando de 75 a 435 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca, em que a metionina+cistina foi o primeiro aminoácido limitante. As variáveis coletadas pelo abate comparativo foram nitrogênio ingerido e depositado e, nos ensaios de balanço de nitrogênio, coletaram-se ingestão e excreção de nitrogênio. Por meio da relação exponencial entre ingestão e deposição de nitrogênio, determinou-se a máxima deposição de nitrogênio. As técnicas foram comparadas pelo teste da razão de máxima verossimilhança. As técnicas descrevem de forma diferente o máximo potencial de deposição pela ave, mas são similares na estimativa da exigência de metionina+cistina. Com base em 60% do máximo potencial, as ingestões de metionina+cistina digestível foram estimadas em 163, 243 e 343 mg dia<sup>-1</sup> para os períodos de 14 a 28, 56 a 70 e 98 a 112 dias de idade, respectivamente.

**Palavras-chave:** metionina+cistina, balanço de nitrogênio, abate comparativo.

#### ABSTRACT

This study aimed to describe the maximum potential of nitrogen deposition and to estimate the intake of methionine+cystine by nitrogen balance and comparative slaughter. Assays were performed in the periods of 14 to 28, 56 to 70 and 98 to 112 days of age, using 168 Dekalb White pullets, distributed in seven treatments and eight replications. Treatments consisted of protein levels in the diets ranging from 75 to 435 g kg<sup>-1</sup> dry matter in which methionine+cystine was the first limiting amino acid. The variables collected by comparative slaughter were nitrogen intake and deposition and, in nitrogen balance trials were collected nitrogen intake and excretion. With the exponential

relationship between nitrogen intake and deposition was determined the maximum nitrogen deposition. The techniques were compared by the test of maximum likelihood ratio. The techniques described differently the maximum potential for deposition by the bird, but were similar in the estimation of methionine+cystine. Based on 60% of the maximum potential the intakes of digestible methionine+cystine were estimated at 163, 243 and 343mg day<sup>-1</sup> for the period of 14 to 28, 56 to 70 and 98 to 112 days of age, respectively.

**Key words:** methionine+cystine, nitrogen balance, comparative slaughter.

#### INTRODUÇÃO

O fluxo de proteína do corpo (Q) está em função da ingestão (I), degradação (D), síntese (S) e oxidação (O), sendo representado pela equação  $Q=I+D=S+O$  (REEDS & LOBLEY, 1980). O entendimento da síntese ou deposição de proteína é imprescindível para elaborar dietas com perfis de aminoácidos que permitam a máxima expressão da síntese proteica. A deposição de proteína vem sendo estudada por várias metodologias e, dentre as mais tradicionais, tem-se: a técnica do abate comparativo (AC) e o balanço de nitrogênio (BN). A descrição da máxima deposição de nitrogênio ou proteína ( $ND_{max}$  ou  $PD_{max}$ ) com aves tem sido feita pelo AC (MARTIN et al., 1994), enquanto informações sobre  $PD_{max}$  determinado pela técnica do BN são escassas para aves. Alguns pesquisadores vêm aplicando a técnica do BN para descrever o  $PD_{max}$  e estimar as exigências de aminoácidos de aves em crescimento

<sup>1</sup>Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 14883-270, Jaboticabal, SP, Brasil. E-mail: edneysilva@oi.com.br. \*Autor para correspondência.

(SAMADI & LIEBERT, 2006a; SAMADI & LIEBERT, 2006b). Dentre as vantagens da aplicação do BN, relacionam-se: investimento relativamente baixo, não destrutivo, simplicidade nas análises laboratoriais e rapidez na obtenção dos resultados. Considerando o exposto, objetivou-se com esta pesquisa descrever o  $ND_{max}$  pela técnica do BN e AC; comparar os modelos ajustados para cada técnica e estimar a ingestão de metionina+cistina para frangas de postura Dekalb.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Ciências Avícolas do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP. Foram realizados três ensaios no período de 14 a 28 (I), 56 a 70 (II) e 98 a 112(III) dias de idade, utilizando 56 frangas Dekalb White® em cada ensaio. O delineamento utilizado foi inteiramente ao acaso, com sete tratamentos e oito repetições de uma ave por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de níveis graduais de proteína nas dietas de 75 (N1); 150 (N2); 220 (N3); 292 (N4); 364 (N5) e 435 (N6) g  $kg^{-1}$  de matéria seca (MS), formuladas para manter a metionina+cistina digestível (Met+Cis) como primeiro aminoácido limitante. O sétimo tratamento (N7) consistiu na adição de 2,485 g de DL-Metionina  $kg^{-1}$  de ração a uma dieta contendo 75 g  $kg^{-1}$  MS, como contra-prova para verificar se a Met+Cis foi o primeiro limitante nas dietas.

Foram formuladas duas rações para atender o mínimo dos nutrientes e energia metabolizável (EMAn) sugeridos por ROSTAGNO et al. (2005), exceto em proteína e aminoácidos. A ração N6 continha 435g de proteína por kg de matéria seca e deficiência relativa de 37% de Met+Cis digestível em relação aos demais aminoácidos, que estavam em excesso. A ração diluente foi isenta de aminoácido (DIP), porém atendia os demais nutrientes e EMAn (Tabela 1). Os níveis experimentais foram obtidos pela técnica da diluição (FISHER & MORRIS, 1970), diluindo-se a ração N6 sucessivamente com a DIP para obtenção dos níveis intermediários (Tabela 1).

Os ensaios foram realizados em ambiente dotado de controle de temperatura na zona de termoneutralidade de cada fase. O peso corporal na montagem dos ensaios foi  $125 \pm 2$  g,  $449 \pm 14,8$  g e  $889 \pm 18$  g nas fases I, II e III, respectivamente. As aves usadas nas fases II (7 a 12 semanas) e III (13 a 18 semanas) foram criadas simultaneamente, usando o manejo e programa de luz recomendados pelo manual

da linhagem e as rações formuladas para atender as exigências, conforme ROSTAGNO et al. (2005). Os ensaios duraram 14 dias, mas o período de coleta de dados e as variáveis coletadas variaram de acordo com a técnica. O período de adaptação consistiu de fornecimento de ração *ad libitum* para determinar o máximo consumo por kg de peso metabólico sob as condições experimentais e, em seguida, o fornecimento foi controlado, com base no consumo corrigido para o peso metabólico.

Na técnica do AC, as variáveis coletadas foram nitrogênio ingerido (NI) e nitrogênio depositado (ND) no intervalo de 14 dias. O fornecimento de ração foi corrigido para o peso metabólico da ave a partir do terceiro dia de experimento, com base no máximo consumo dos dias anteriores. Essa correção foi repetida no quinto e décimo dia de experimento. O NI e ND foram obtidos no período de 14 dias.

A deposição de proteína corporal foi determinada por meio de abate referencial no início e final de cada ensaio. O grupo referência continha 18 aves. No término de cada ensaio, quatro aves de cada tratamento foram selecionadas. Após jejum sólido de 36 horas, as aves foram pesadas e sacrificadas com o uso de  $CO_2$ . As carcaças foram autoclavadas (6 h, 130 °C e 152 kPa) para posterior secagem e determinação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) em amostras desengorduradas.

Para o BN, determinaram-se a ingestão (NI) e excreção (NEX) de nitrogênio nos últimos 10 dias de experimento. No período de coleta de dados, as aves foram pesadas para correção do fornecimento de ração, conforme descrito para o AC. As excretas foram coletadas uma vez ao dia e congeladas (-20 °C) para a pré-secagem em liofilizador (72 horas, -80°C; -80 kPa). O teor de nitrogênio total das amostras de excretas foi quantificado conforme descrito para AC. Pelo BN, o ND foi obtido pela diferença entre NI e NEX.

O modelo exponencial foi ajustado utilizando as variáveis NI e ND de cada fase e o  $ND_{max}T$  estimado pela equação 1:

$$ND = ND_{max}T \times (1 - e^{-b \times NI}) + \epsilon, \text{ sendo } ND_{max}T \text{ e } b > 0 \quad (1)$$

em que ND é nitrogênio depositado, mg/ $PC_{kg}^{0,67}/d$ ; NI é ingestão de nitrogênio, mg/ $PC_{kg}^{0,67}/d$ ;  $ND_{max}T$  é valor máximo esperado para deposição ou o limite de ND, quando NI tende ao infinito;  $b$  é taxa de decaimento da função, indica a qualidade da proteína dietética, independente da ingestão de nitrogênio;  $e$  é número de Euler;  $\epsilon$  é erro aleatório, atendendo as pressuposições de normalidade.

Para comparação das técnicas, os modelos ajustados foram submetidos à análise de identidade

Tabela 1 - Composição das rações experimentais (g kg<sup>-1</sup>).

Ingredientes	-----Rações-----						
	Concentrada (N6) <sup>1</sup>				Diluíte (DIP) <sup>2</sup>		
Farelo de soja	598,89						
Milho grão	162,03						
Amido					573,33		
Açúcar					100,00		
Glúten de milho	141,91						
Casca de arroz					163,58		
Óleo de soja	58,50				50,00		
Fosfato bicálcico	16,00				23,30		
Calcário	10,29				5,78		
Sal comum	4,11				4,08		
L-Lisina-HCl	3,44						
DL- Metionina	1,98						
Suplemento vitamínico <sup>3</sup>	1,00				1,00		
Cloreto de colina	0,70				0,70		
Inerte					70,00		
Cloreto de potássio					7,63		
Suplemento mineral <sup>4</sup>	0,50				0,50		
L- Treonina	0,55						
Antioxidante	0,10				0,10		
Total	1000,0				1000,0		
-----Níveis testados <sup>5</sup> -----							
Nutrientes <sup>7</sup>	N1 <sup>6</sup>	N2 <sup>6</sup>	N3 <sup>6</sup>	N4 <sup>6</sup>	N5 <sup>6</sup>	N6 <sup>6</sup>	Relação ideal Lis=100
-----Perfil da proteína dietética g AA/100 PB-----							
Proteína bruta, g kg <sup>-1</sup>	75,30	150,44	220,05	292,87	364,54	435,08	C <sub>AA</sub> /C <sub>Lis</sub>
Lisina	5,67	5,81	5,85	5,87	5,89	5,89	100
Met + Cis	3,43	3,51	3,54	3,55	3,56	3,56	60
Metionina	1,98	2,03	2,05	2,06	2,06	2,06	35
Treonina	3,69	3,78	3,81	3,82	3,83	3,84	65
Triptofano	1,01	1,04	1,05	1,05	1,05	1,05	18
Arginina	6,10	6,25	6,30	6,32	6,34	6,35	108
Valina	4,46	4,57	4,61	4,62	4,63	4,64	79
Isoleucina	4,20	4,30	4,34	4,35	4,36	4,37	74
Leucina	9,61	9,84	9,92	9,96	9,98	10,00	170

<sup>1</sup>N6 = Energia metabolizável corrigida (EMAn), 2.950 kcal kg<sup>-1</sup>; Cálcio 9,4 g kg<sup>-1</sup>; Sódio 1,8 g kg<sup>-1</sup>; Fósforo disponível 4,38 g kg<sup>-1</sup>; Extrato etéreo 77,7 g kg<sup>-1</sup>; Potássio, 11,6 g kg<sup>-1</sup>; Fibra bruta 36,7g kg<sup>-1</sup>.

<sup>2</sup>DIP = Energia metabolizável corrigida (EMAn), 2.950 kcal kg<sup>-1</sup>; Cálcio 9,4 g kg<sup>-1</sup>; Sódio 1,8 g kg<sup>-1</sup>; Fósforo disponível 4,38 g kg<sup>-1</sup>; Extrato etéreo 49,8 g kg<sup>-1</sup>; Potássio, 4,0 g kg<sup>-1</sup>; Fibra bruta 62,5 g kg<sup>-1</sup>.

<sup>3</sup>Conteúdo kg<sup>-1</sup>: Ácido fólico=950mg, Ácido pantotênico=12.000 mg, Niacina=38.000 mg, Biotina=60 mg, Vit. A=8.000.000 UI, Vit. B1=2.400mg, Vit. B12=12.000mg, Vit. B2=5.950 mg, Vit. B6 =2.500 mg, Vit. D3=2.300.000 UI, Vit. E=12.350 mg, Vit. K3=1.800 mg, Se=300 mg, antioxidante=250 mg, Veículo q.s.p. 1.000 g.

<sup>4</sup>Conteúdo kg<sup>-1</sup>: Mn=200.000 mg, Fe=100.000 mg, Zn=160.000 mg, Cu=16.000 mg, I=1.500 mg, Veículo q.s.p. 1.000 g. <sup>3</sup> Valores expressos com base na matéria natural;

<sup>5</sup>N6=1×N6+0×DIP; N5=0,86×N6+0,17×DIP; N4=0,66×N6+0,34×DIP; N3=0,49×N6+0,51×DIP; N2=0,33×N6+0,67×DIP; N1=0,16×N6+0,84×DIP

<sup>6</sup>Valores expressos com base na matéria seca (MS) N6=867,7; N5=860,9; N4=854,0; N3=847,2; N2=840,8 e N1=834,0 g kg<sup>-1</sup> de MS.

<sup>7</sup>Composição analisada (HPLC) em ensaio de digestibilidade com galos cecectomizados, exceto para o triptofano.

de modelo e igualdade de parâmetros, conforme a metodologia descrita por REGAZZI (2003). As hipóteses iniciais admitidas são: A) - H<sub>0</sub>: as equações são idênticas para ambas as técnicas, ou seja, uma equação comum pode ser usada como estimativa

das equações envolvidas; e B) - H<sub>0</sub>: um determinado subconjunto de parâmetros é igual em ambas as técnicas.

Os modelos foram ajustados com auxílio da inclusão de duas variáveis *dummy*, sendo D<sub>i</sub> =

1, se a observação pertence à técnica *i*, e 0 em caso contrário; *i* = técnica, AC e BN.

$$ND = D_1 [ND_{max} T \times (1 - e^{-b \times NI})] + D_2 [ND_{max} T \times (1 - e^{-b \times NI})] + \varepsilon \quad (2)$$

Considerando  $\theta$  a representação de todos os parâmetros, admitiu-se a hipótese de nulidade  $H_0: \theta \in \omega$  vs  $H_a: \theta \in \omega^c$ , em que  $\omega$  é um subconjunto do espaço paramétrico  $\Omega$  e  $\omega^c$  é o complemento de  $\omega$ , com  $\Omega = \omega \cup \omega^c$ . Foi ajustado o modelo completo  $\Omega$  e o modelo reduzido em  $\omega$ , conforme as hipóteses  $H_0$ . A razão de verossimilhança (L) foi calculada:  $L = (\sigma_{\Omega}^2 / \sigma_{\omega}^2)^{n/2}$  e comparado pela estatística  $\chi^2$ .

Foi aplicada a metodologia de *Goettingen* para obtenção da ingestão diária de Met+Cis. As estimativas do  $ND_{max} T$  e mínima retenção de nitrogênio (NMR) foram somadas para obter a máxima retenção diária de nitrogênio,  $NR_{max} T = ND_{max} T + NMR$  e, conseqüentemente, o  $PD_{max} T$  é obtido ao multiplicar o  $ND_{max} T$  por 6,25.

Para simulação, considerou-se como objetivo de desempenho a retenção diária de nitrogênio, NR, ( $NR = ND + NMR$ ), sendo equivalente a 70, 60 e 50% do  $NR_{max} T$ , estimado para fase inicial (I), cria (II) e recria (III). Os valores de NR foram aplicados na equação 3.

$$Met+Cis = [ln(NR_{max} T) - ln(NR_{max} T - NR)] / (16 \times b C^{-1}) \quad (3)$$

em que Met+Cis é ingestão diária de Metionina+Cistina, mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d necessária para expressar o NR;  $NR_{max} T$  é máxima retenção diária de nitrogênio; *b/C* indica a eficiência de utilização da Met+Cis, sendo *b* a inclinação da curva de entre NI e ND da Eq. (2) que indica a qualidade da proteína dietética, a qual é independente da ingestão de nitrogênio; *C* é concentração de Met+Cis na proteína dietética. Nessa simulação, considerou-se 3,55; 3,11 e 2,83g de Met+Cis /100g PB para fase de inicial, cria e recria, respectivamente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o AC e BN estão apresentados na tabela 2. O incremento verificado no N7 situou-se entre as respostas de N1 e N2, confirmando que a Met+Cis foi o primeiro aminoácido limitante. Esse procedimento é usado para demonstrar que a resposta à deficiência relativa da Met+Cis obtida independe do nível de proteína da ração e não é influenciada por efeitos da diluição da mistura (FISHER & MORRIS, 1970). Para o  $ND_{max} T$ , a análise de igualdade de parâmetro revelou que o AC e BN descrevem de forma diferente, independente

Tabela 2 -Respostas para nitrogênio ingerido (NI, mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d) e nitrogênio depositado (ND, mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d) obtidos pelo abate comparativo e balanço de nitrogênio de frangas em crescimento, submetidas a níveis de proteína dietéticas limitadas em metionina+cistina<sup>1</sup>

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
Variáveis <sup>2</sup>	-----Abate comparativo-----						
	-----Fase I – Inicial-----						
NI	565±16	1588±262	2309±56	3044±75	3884±93	4317±94	798±29
ND	223±52	920±25	1146±23	1295±15	1223±29	1174±32	604±37
	-----Fase II – Cria-----						
NI	597±11	1267±7	1721±14	2432±72	2850±36	3431±26	614±4
ND	167±15	537±30	754±27	751±12	759±25	733±31	408±27
	-----Fase III – Recria-----						
NI	514±8	1252±7	1745±24	2388±24	2992±37	3703±37	613±7,2
ND	93±19	333±30	388±23	431±23	418±22	433±18	188±25
	-----Balanço de nitrogênio-----						
	-----Fase I – Inicial-----						
NI	587±13	1586±26	2285±48	2975±73	3632±103	4049±117	809±28
ND	311±30	924±52	1268±37	1421±118	1461±126	1495±135	526±28
	-----Fase II – Cria-----						
NI	596±9	1221±8,5	1706±20	2392±73	2796±37	3348±32	600±24
ND	222±17	647±14	1075±30	1320,8±18	1240±71	1214±33	340±21
	-----Fase III – Recria-----						
NI	598±8	1314±11	1821±25	2472±28	3079±38	3820±35	6658±8,8
ND	216±28	712±52	1058±50	1122±73	1466±95	1174±64	417±22

<sup>1</sup>N1=75, N2=150, N3=220, N4=292, N5=364, N6=435 g kg<sup>-1</sup> de matéria seca (MS) e N7=N1+2,485 g de DL-Metionina kg<sup>-1</sup>

<sup>2</sup>Média±erro;

da fase de criação (Tabela 3). Dessa forma, o  $PD_{\max} T$  ( $ND_{\max} T \times 6,25$ ) foi estimado em 3,6 e 5,1 g dia<sup>-1</sup> para fase de inicial; 5,8 e 9,21 g dia<sup>-1</sup> para cria e 4,2 e 12,61 g dia<sup>-1</sup> na fase de recria, pela técnica do AC e BN, respectivamente (Tabela 3).

Para o parâmetro  $b$ , as variâncias de  $\Omega^2$  e  $\Omega$  não diferiram, consequentemente, um único valor de  $b$  pode ser utilizado em ambas as técnicas. Esse resultado encontra-se de acordo com o esperado, já que a qualidade da proteína dietética utilizada foi a mesma em ambas as metodologias. A diferença entre o AC e BN pode estar relacionada à precisão contida no nitrogênio excretado, NEX. Com certa descrição, apresentam-se as informações sobre crescimento das penas em aves, embora mais de 30% da proteína depositada em aves de postura estejam nas penas. Essas aves perdem penas continuamente, de tal modo que o peso de penas no momento da coleta não representa o crescimento acumulado das penas (MARTIN et al., 1994). Conforme SILVA (2012), a perda de penas pode ser intensificada com níveis

altos de ingestão de nitrogênio. Portanto, acredita-se que os valores de NEX obtido pelo AC, obtidos pela diferença entre NI e ND descrevem com maior precisão, por contabilizar a perda de pena. Pela ausência de informação de deposição de nitrogênio por BN com frangas de reposição, se utilizará modelos de crescimento obtidos por AC para comparar as descrições obtidas com as metodologias estudadas.

Com base nos valores de  $ND_{\max} T$  obtido pelo AC, é possível afirmar que existe um potencial a ser explorado nas atuais linhagens, embora descreva especificamente a genética utilizada. O  $ND_{\max} T$  pode ser descrito pela função de Gompertz. Com base nos coeficientes taxa de crescimento ( $k$ ) e peso proteico na maturidade (PPm) de MARTIN et al. (1994), estima-se ( $dBP/dt_{\max} = ([k \times PPm \div e] \div PC^{0,67})$ ) que o  $ND_{\max} T$  seja de 860, 865 e 791 mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d para as linhagens Hisex, Ross Brown e Amber-Link, respectivamente. Embora, as genéticas sejam diferentes, é importante caracterizar o limite de utilização do nitrogênio pelas linhagens modernas, seja para explorar o

Tabela 3 - Estimativas dos parâmetros do modelo irrestrito ( $\Omega$ ) e restrito ( $\Theta$ ), variância (SQR), qui-quadrado ( $\chi^2$ ), grau de liberdade (GL) probabilidade ( $P_{(g2Tab > \chi2Cal)}$ ) para máxima retenção de nitrogênio de frangas em crescimento.

Fase	Espaço paramétrico	Parâmetros do modelo						SQR <sup>a</sup>
		ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub>	ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub>	b <sub>AC</sub>	b <sub>BN</sub>	ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub>	b <sub>G</sub>	
Inicial 14-28 d	$\Omega$	1361,4	1897,7	0,000662	0,00042			37,4
	$\Theta^1$			0,000430	0,00057	1638,5		41,4
	$\Theta^2$	1468,0	1718,2				0,000533	38,7
Cria 56-70 d	$\Theta^3$					1562,6	0,000559	46,3
	$\Omega$	867,8	1685,1	0,00074	0,00047			19,7
	$\Theta^1$			0,00025	0,00055	1551,7		23,7
Recria 98-112 d	$\Theta^2$	985,9	1569,7				0,00054	20,4
	$\Theta^3$					1228,2	0,00059	55,2
	$\Omega$	476,0	1492,0	0,00081	0,00053			17,3
Hipóteses testadas	$\Theta^1$			0,00012	0,00055	1470,5		20,0
	$\Theta^2$	545,5	1457,7				0,00056	17,6
	$\Theta^3$					989,0	0,00057	104,0
				$\chi^2$	GL	$P_{(g2Tab > \chi2Cal)}$		
		-----Inicial 14-28 d-----						
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^1</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> =ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub>				9,724	1	0,002		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^2</math></sup> : b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				3,259	1	0,071		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^3</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub> e b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				20,126	2	0,000		
		-----Cria 56-70 d-----						
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^1</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> =ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub>				17,533	1	0,000		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^2</math></sup> : b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				3,248	1	0,072		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^3</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub> e b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				98,916	2	0,000		
		-----Recria 56-70 d-----						
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^1</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> =ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub>				13,084	1	0,000		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^2</math></sup> : b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				1,407	1	0,236		
H <sub>0</sub> <sup><math>\Theta^3</math></sup> : ND <sub>max</sub> T <sub>AC</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>BN</sub> = ND <sub>max</sub> T <sub>G</sub> e b <sub>AC</sub> = b <sub>BN</sub> = b <sub>G</sub>				163,185	2	0,000		

#<sup>AC</sup> Balanço de nitrogênio; <sup>BN</sup> Abate comparativo; <sup>a</sup> Valores expressos em potência de 10<sup>-5</sup>

potencial máximo, ou aumentar a precisão dos níveis nutricionais da dieta e assim minimizar a excreção.

Os parâmetros que descrevem a retenção de nitrogênio apresentados na tabela 4 foram utilizados para estimar a ingestão de Met+Cis ( $I_{Met+Cis}$ ) para 70, 60 e 50% do  $ND_{max} T$ , considerando a eficiência de utilização da Met+Cis e consumo de ração para as fases de inicial, cria e recria.

O presente modelo é baseado na dependência das respostas de deposição de nitrogênio aos níveis crescentes de nitrogênio limitado em um aminoácido. Para converter NI em  $I_{Met+Cis}$ , foi multiplicada a concentração de Met+Cis ( $g\ 16\ g^{-1}\ N$ ) na proteína por NI e dividido pelo fator 16, assim:  $I_{Met+Cis} = NI \times C / 16$ .

Segundo FULLER & GARTHWAITE (1993), quando a deposição de nitrogênio dos animais se aproximam do  $ND_{max} T$ , as diferenças entre os indivíduos na população se manifestam em diferentes assíntotas. Com base nisso, a eficiência de utilização do nitrogênio ( $b/C$ ) foi obtida na região limitante, pois a relação nutriente-resposta é aproximadamente linear e dependente quase exclusivamente da qualidade da proteína dietética. Esse procedimento permite minimizar o efeito das diferenças entre os indivíduos (FULLER & GARTHWAITE, 1993).

O parâmetro  $b/C$  representa os fenômenos ocorridos na digestão, absorção, pós-absorção da Met+Cis dietética, ou seja, a eficiência de utilização (Tabela 5). As eficiências da Met+Cis foram estimadas em 171, 247 e 245 para fase inicial, cria e recria obtidas pelo AC e extrapolado para o BN, uma vez que as taxas de decaimento ( $b$ ) da função foram semelhantes.

Apesar de descrever a máxima  $NR_{max} T$  de forma diferente, ambas as metodologias estimaram  $I_{Met+Cis}$  semelhantes. Na fase inicial, as  $I_{Met+Cis}$  para obter 70, 60 e 50% do  $ND_{max} T$  foram estimadas em 208; 164 e 131mg dia<sup>-1</sup>, respectivamente. Nessa fase, a maior diferença entre as metodologias AC e BN foi

estimada em 19mg dia<sup>-1</sup> para 70% da máxima resposta. Para fase de cria, a  $I_{Met+Cis}$  foi estimada em 323; 257 e 209 mg dia<sup>-1</sup> para 70, 60 e 50% do  $ND_{max} T$ . Para 60% do  $ND_{max} T$ , as estimativas foram praticamente iguais, a maior diferença foi registrada para 50% do  $ND_{max} T$  em aproximadamente 6%.

Nas estimativas apresentadas na tabela 5, consideraram-se as médias de NMR das três fases de criação, sendo 419 e 284mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d, para o AC e BN, respectivamente, (SILVA et al. Parte 1 do estudo, submetido para publicação concomitantemente neste revista). Acredita-se que a mudança na proporção da exigência de manutenção sobre a exigência total da Met+Cis seja um fator responsável pela diferença entre as metodologias. Na fase de recria, a exigência de manutenção assumiu a maior proporção dentre as demais fases, verificando-se as maiores diferenças com 50% do  $ND_{max} T$ , estimada em 17%. A exigência média obtida nessa fase, objetivando 70, 60 e 50% do  $ND_{max} T$ , equivale a 500; 405 e 335 mg dia<sup>-1</sup>. As concentrações de Met+Cis nas dietas encontradas por MARTIN et al. (1994), com base na composição corporal das três linhagens (Hisex, Ross Brown e Amber-Link), foi de 5,63 g kg<sup>-1</sup> ajustado para o consumo de ração (CR), de 22 na fase inicial e 47 g dia<sup>-1</sup> para fase de cria.

Na fase de recria, a  $I_{Met+Cis}$  de MARTIN et al. (1994) equivale a uma concentração de 4,09 g kg<sup>-1</sup> na dieta ajustada para CR de 66g dia<sup>-1</sup>. Desse modo, recomendam-se as concentrações com base em 60% do  $ND_{max} T$ , que equivale a 5,54 ou 4,95 g de Met+Cis kg<sup>-1</sup> de ração para CR de 47 e 52g dia<sup>-1</sup>, respectivamente. As concentrações 4,85g kg<sup>-1</sup> obtidas com 50% do  $ND_{max} T$  para fase de recria estão de acordo com as correntes recomendações (ROSTAGNO et al., 2005).

**CONCLUSÃO**

As técnicas descrevem de forma diferente o potencial de retenção de nitrogênio pela ave, no

Tabela 4 - Peso corporal (PC, g), máxima deposição teórica de nitrogênio ( $ND_{max} T$ , mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d), mínima retenção de nitrogênio para manutenção (NMR, mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d) e máxima retenção de teórica de nitrogênio ( $NR_{max} T$ , mg/PC<sub>kg</sub><sup>0,67</sup>/d) de acordo com a fase de criação de frangas em crescimento<sup>#</sup>.

Fase	PC		$ND_{max} T$		NMR <sup>1</sup>		$NR_{max} T$	
	AC	BN	AC	BN	AC	BN	AC	BN
Inicial	198±19	223±21	1361±87	1897±190	342±21	342±21	1703	2239
Cria	533±35	608±40	867±74	1685±157	372±17	225±15	1239	1910
Recria	960±81	987±84	476±59	1492±104	543±23	284±23	1019	1776

<sup>#</sup>Media ± erro padrão; <sup>1</sup>SILVA et al. (Parte 1 deste estudo foi submetido para publicação concomitantemente nesta revista).

Tabela 5 - Estimativas de ingestão e concentração na dieta de metionina+cistina digestível para frangas em crescimento, considerando diferentes taxas de deposição de proteína.

Itens	AC	BN	AC	BN	AC	BN
	-----ND <sub>max</sub> T 70%-----		-----ND <sub>max</sub> T 60%-----		-----ND <sub>max</sub> T 50%-----	
-----Fase inicial 14 a 28 dias, aves com 0,226 kg de peso corporal-----						
DP g d <sup>-1</sup>	3,17	4,03	2,85	3,60	2,54	3,16
Eficiência			171			
Met+Cis mg d <sup>-1</sup>	198,6	217,8	159,8	168,9	129,7	133,0
Geral	208,2		164,3		131,4	
-----Concentração ótima-----						
Consumo diário g dia <sup>-1</sup>	-----Met+Cis, g kg <sup>-1</sup> -----					
22	8,89	9,75	7,15	7,56	5,81	5,96
Geral	9,32		7,36		5,88	
27	7,35	8,07	5,92	6,25	4,80	4,93
Geral	7,71		6,09		4,86	
-----Fase cria 56-70 dias aves, com 0,691 kg de peso corporal-----						
PD gd <sup>-1</sup>	5,0	7,8	4,58	6,98	4,2	6,2
Eficiência			247			
Met+Cis mg d <sup>-1</sup>	315,8	330,2	258,9	256,1	214,8	202,3
Geral	323,0		257,5		208,6	
-----Concentração ótima-----						
Consumo diário g dia <sup>-1</sup>	-----Met+Cis, g kg <sup>-1</sup> -----					
47	6,79	7,10	5,57	5,51	4,62	4,35
Geral	6,95		5,54		4,49	
52	6,07	6,35	4,98	4,92	4,13	3,89
Geral	6,21		4,95		4,01	
-----Fase recria 98 a 112 dias aves, com 1,152 kg de peso corporal-----						
PD gd <sup>-1</sup>	3,67	10,05	3,44	9,03	3,20	8,00
Eficiência			245			
Met+Cis mg d <sup>-1</sup>	514,0	486,7	433,4	377,4	370,9	298,9
Geral	500,3		405,4		334,9	
-----Concentração ótima-----						
Consumo diário g dia <sup>-1</sup>	-----Met+Cis, g kg <sup>-1</sup> -----					
66	7,79	7,37	6,57	5,72	5,62	4,53
Geral	7,58		6,14		5,07	
69	7,24	6,86	6,10	5,31	5,22	4,21
Geral	7,05		5,71		4,72	

AC, abate comparativo; BN, balanço de nitrogênio; DP, deposição de proteína; Eficiência de utilização, b/C; Met+Cis, exigência de metionina+cistina.

entanto, possibilitam estimativas de exigências de Met+Cis similares. A ingestão média de Met+Cis digestível foi estimada em 164, 256 e 335 mg dia<sup>-1</sup> para os períodos de 14 a 28, 56 a 70 e 98 a 112 dias de idade, respectivamente.

## AGRADECIMENTOS

Aos Pesquisadores Frank Liebert e Angela Sünder do Instituto de fisiologia animal e nutrição animal da Universidade de Georg-August, Goettingen, Alemanha, o reconhecido agradecimento pela valiosa contribuição. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudo e pesquisa.

## COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Protocolo nº 007125-08.

## REFERÊNCIAS

AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. Washington, D.C, 1990. 1141p.

FISHER, C.; MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, n.1, p.67-82, 1970. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00071667008415793>>. Acesso em: 22 Jun 2011. doi:10.1080/00071667008415793.

- FULLER, M.F.; GARTHWAITE, P. The form of response of body protein accretion to dietary amino acid supply. **Journal Nutrition**, v.123, n.5, p.957-963, 1993. Disponível em: <<http://jn.nutrition.org/content/123/5/957.full.pdf>>. Acesso em: 1, Dez, 2010.
- MARTIN, P.A. et al. A formal method of determining the dietary amino acid requirements of laying-type pullets during their growing period. **British Poultry Science**, v.35, n.5, p.709-724, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00071669408417737>>. Acesso em: 31 Mar, 2010. doi:10.1080/00071669408417737.
- REEDS, P.J.; LOBLEY, G.E. Protein synthesis: are there real species differences? **Proceedings of the Nutrition Society**, v.39, n.1, p.43-52, 1980. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1079/PNS19800007>>. Acesso em: 26 Nov, 2011. doi: 10.1079/PNS19800007.
- REGAZZI, A.J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. **Rev Ceres**, v.50, n.287, p.9-26, 2003. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ceres/revistas/v50n287p19303.pdf>>. Acesso em: 23 Nov 2011.
- ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, DZO, 2005. (UFV, DZO).
- 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, n.8, p.1421-1429, 2006a. Disponível em: <<http://ps.fass.org/content/85/8/1421.full.pdf+html>>. Acesso em: 22 Jun 2011.
- SAMADI; LIEBERT, F. Modeling of threonine requirement in fast-growing chickens, depending on age, sex, protein deposition, and dietary threonine efficiency. **Poultry Science**, v.85, n.11, p.1961-1968, 2006b. Disponível em: <<http://ps.fass.org/content/85/11/1961.full.pdf+html>>. Acesso em: 22 Jun 2011.
- SILVA, E.P. **Modelos de crescimento e das respostas de frangas de postura submetidas a diferentes ingestões de aminoácidos sulfurados**. 2012. 207f. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", SP.