



Níveis de lisina em rações para frangos de corte determinados com base em uma abordagem econômica

Jefferson Costa de Siqueira^{1,2}, Nilva Kazue Sakomura³, Juliano César de Paula Dorigam¹, Gabriela Geraldi Mendonça⁴, Fernando Guilherme Perazzo Costa⁵, João Batista Kochenborger Fernandes⁶, Leilane Rocha Barros Dourado⁷, Dáphinne Cardoso Nagib do Nascimento¹

¹ Pós-graduação em Zootecnia/FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

² Centro de Ciências Agrárias e Ambientais/Universidade Federal do Maranhão (CCAA/UFMA), Chapadinha, MA.

³ Departamento de Zootecnia/FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP. Bolsista CNPQ e membro INCT.

⁴ Graduando em Zootecnia/FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP.

⁵ Departamento de Zootecnia/Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, PB.

⁶ Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista (CAUNESP), Jaboticabal, SP.

⁷ Departamento de Zootecnia/Universidade Federal do Piauí (UFPI), Bom Jesus, PI.

RESUMO - O objetivo neste estudo foi estimar os níveis ótimos de lisina digestível em rações para frangos de corte em crescimento (22 a 35 dias) e terminação (35 a 42 dias) com base na análise econômica da alimentação. Foram conduzidos dois experimentos, cada um com 600 frangos de corte machos da linhagem Cobb 500 distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e seis repetições de 20 aves. Em cada fase, os tratamentos consistiram de níveis crescentes de lisina digestível nas rações. Os dados de conversão alimentar foram submetidos à análise de variância e posteriormente a análises de regressão utilizando-se um modelo não-linear exponencial. Com base nas equações exponenciais ajustadas para cada fase de criação, foram calculadas a variação do custo com alimentação e a margem por kg de ganho de peso. Em cada fase, foi considerado nível ótimo de lisina digestível aquele capaz de proporcionar o menor custo com alimentação e a maior margem por kg de ganho de peso. Considerando o preço da L-lisina HCl (78,5%) de R\$ 11,78, os níveis ótimos de lisina digestível nas rações de crescimento e terminação são de 1,150 e 0,980%, respectivamente. Entretanto, se o preço desta fonte cristalina aumentar para R\$ 14,13, os níveis ótimos nas rações reduzirão para 1,11 e 0,950%, respectivamente.

Palavras-chave: aminoácidos, avicultura, desempenho, rentabilidade, viabilidade econômica

Lysine levels in diets of broilers determined based on economic approach

ABSTRACT - The objective of this study was to estimate the optimum digestible lysine levels in diets for broilers on growing (22 to 35 days) and finishing (35 to 42 days) phases, based on economic analysis of food. Two experiments were conducted, each one using 600 Cobb 500 male broilers, distributed in a completely randomized design with five treatments and six replicates of 20 birds. Treatments consisted of increasing digestible lysine levels in the diet. The feed:gain relation data were submitted to ANOVA and to regression analyses using an exponential model. Based on adjusted equations for each phase, the change in food cost and margin per kg of weight gain was calculated. At each phase the optimum lysine level was considered as one to provide the lowest food cost and higher margin per kg of weight gain. Considering the price of L-lysine HCl (78.5%) of R\$ 11.78, the optimum lysine levels in diets of growing and finishing poultry were estimated at 1.150 and 0.980% respectively. However, if the price of this source rises to R\$ 14.13, the optimum lysine levels in diets will be reduced to 1.11 and 0.950% respectively.

Key Words: amino acids, economic viability, performance, poultry science, profitability

Introdução

O principal objetivo da indústria avícola moderna é a rentabilidade, que pode ser definida como o retorno financeiro obtido a partir do capital empregado. Contudo, os estudos tradicionalmente conduzidos para definir as exigências de aminoácidos de frangos de corte não consideram variáveis econômicas. Baseiam-se apenas na

descrição quantitativa de variáveis produtivas ou indicadores metabólicos em resposta ao aumento da concentração desses nutrientes nas rações, sendo a exigência correspondente à concentração capaz de maximizar ou otimizar determinada resposta (Owens & Pettigrew, 1989; Sakomura & Rostagno, 2007).

De acordo com Pack et al. (2003), em estudos para quantificar as exigências de nutrientes essenciais, incluindo

aminoácidos, deveriam ser consideradas variáveis de relevância econômica nas análises, pois as concentrações de aminoácidos que proporcionam máxima eficiência produtiva, na maioria das vezes, não coincidem com aquelas necessárias para alcançar a máxima lucratividade. Esses autores comentam que o termo “exigência”, considerando como concentração fixa de aminoácidos nas rações, é empregado indevidamente, uma vez que existem diversos critérios de respostas, como ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de carcaça ou peito, entre outros, que podem ser utilizados.

Outro fator que corrobora os relatos de Pack et al. (2003) é a variação individual existente em uma população de frangos de corte, uma vez que, ao definir uma concentração fixa visando atender às necessidades de um lote, existe a possibilidade de sobreforneçamento para aqueles indivíduos com menor potencial de resposta e subforneçamento de nutrientes para aqueles indivíduos com maior potencial de resposta. Diante disso, Sakomura & Rostagno (2007) relataram que o mais importante é entender como uma população ou lote de animais responde ao acréscimo da concentração de um aminoácido na ração, identificando-se a região crítica das curvas-resposta, o que possibilita a associação de variáveis econômicas para definição dos níveis ótimos de aminoácidos nas rações.

Modelos de regressão não-linear da família exponencial têm sido recomendados por diversos autores (Pack, 1996; Pack et al., 2003; Lemme, 2005; Sakomura & Rostagno, 2007; Siqueira et al., 2009) por obedecerem a “lei dos mínimos retornos”, pela qual o incremento no desempenho decresce à medida que doses crescentes de um nutriente limitante são fornecidas, possibilitando a descrição detalhada do desempenho em resposta ao acréscimo de nutrientes nas rações, o que, em situações práticas, pode ser de grande utilidade quando o objetivo é determinar a concentração adequada de aminoácidos nas rações para proporcionar a máxima lucratividade.

Neste estudo objetivou-se estimar os níveis ótimos de lisina digestível em rações para frangos de corte em crescimento (22 a 35 dias) e terminação (35 a 42 dias) com base na análise econômica da alimentação utilizando-se equações exponenciais ajustadas aos dados de conversão alimentar.

Material e Métodos

Foram conduzidos dois experimentos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP, entre junho de 2008 e setembro de 2008, para estimar

os níveis ótimos de lisina digestível em rações para frangos de corte nas fases de crescimento (22 a 35 dias) e terminação (35 a 42 dias), com base em uma abordagem econômica.

Foram utilizados 600 frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, com peso inicial de $771,74 \pm 0,85$ g na fase de crescimento e $1.737,03 \pm 4,89$ g na fase de terminação, totalizando 1.200 aves. Até o início de cada experimento, as aves foram criadas recebendo rações formuladas para atender suas exigências descritas por Rostagno et al. (2005) para cada fase.

Em cada experimento (22 a 35 e 35 a 42 dias), as aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos (níveis de lisina digestível na ração) e 6 repetições, sendo cada unidade experimental composta por 20 aves. No início de cada experimento, as aves foram pesadas individualmente para constituir parcelas com pesos iniciais homogêneos.

Para cada fase foram formuladas rações basais compostas principalmente de milho e farelo de soja, para atender às exigências nutricionais das aves de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005), exceto em lisina. A suplementação de L-lisina HCl (78,5%) nas rações basais, em substituição ao ácido L-glutâmico e ao amido de milho, possibilitou a obtenção de rações experimentais isoenergéticas e isonitrogênicas com níveis crescentes de lisina digestível. Para garantir que nenhum outro aminoácido se tornasse limitante nas rações, a suplementação foi feita com fontes cristalinas de modo que as relações aminoácidos:lisina excedessem em pelo menos quatro pontos percentuais a relação de proteína ideal recomendada por Rostagno et al. (2005), garantindo que a lisina fosse o primeiro limitante (Tabelas 1 e 2).

Inicialmente, as pressuposições de normalidade e homocedasticidade foram testadas e atendidas. Em seguida, os dados de conversão alimentar de cada fase foram submetidos a análises de variância de acordo com o modelo estatístico: $CA_{ij} = \mu + Lys_i + e_{ij}$; em que CA_{ij} = conversão alimentar observada no *i*-ésimo nível de lisina digestível na *j*-ésima repetição; μ = efeito da média geral; Lys_i = efeito do *i*-ésimo nível de lisina digestível da ração; e e_{ij} = erro experimental.

Posteriormente, os dados foram submetidos às análises de regressão considerando a conversão alimentar como variável dependente e o nível de lisina da ração como variável independente de acordo com o modelo exponencial descrito por Gahl et al. (1994) e Rodehutsord & Pack (1999): $CA_i = A + B * (1 - e^{-C(Lys_i - D)}) + e_i$; em que CA_i = conversão alimentar estimada para o *i*-ésimo nível de lisina digestível na ração, Lys_i = nível de lisina digestível da ração, A = resposta de conversão alimentar estimada para a ração

Tabela 1 - Rações formuladas com níveis crescentes de lisina digestível para frangos de corte Cobb 500 na fase de crescimento (22 a 35 dias)¹

Ingrediente (%)	Nível de lisina digestível (%)									
	0,786	0,872	0,958	1,044	1,130					
Milho	65,838	65,838	65,838	65,838	65,838					
Farelo de soja	25,726	25,726	25,726	25,726	25,726					
Fosfato bicálcico	1,687	1,687	1,687	1,687	1,687					
Calcário calcítico	0,857	0,857	0,857	0,857	0,857					
Óleo de soja	2,431	2,431	2,431	2,431	2,431					
Cloreto de sódio	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470					
Sup. mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050					
Sup. vitamínico ³	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025					
Cloreto de colina (70%)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070					
Anticoccidiano ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050					
L-lisina HCl (78,5%)	-	0,110	0,219	0,329	0,437					
DL-metionina (99%)	0,096	0,161	0,226	0,292	0,358					
L-treonina (99%)	-	0,017	0,078	0,138	0,197					
L-valina (99%)	-	-	0,047	0,116	0,185					
L-isoleucina (99%)	-	-	0,011	0,072	0,133					
L-triptofano (99%)	-	-	0,010	0,027	0,044					
L-arginina (99%)	-	-	-	0,077	0,170					
Ácido L-glutâmico (99%)	2,600	2,342	1,931	1,167	0,358					
Amido de milho	0,100	0,167	0,273	0,579	0,920					
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00					
Aminoácidos digestíveis (%)		aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	
Lisina (100) ⁵	0,786	100	0,872	100	0,958	100	1,044	100	1,130	100
Metionina + cistina (72)	0,596	76	0,660	76	0,724	76	0,789	76	0,853	76
Metionina (40)	0,348	44	0,412	47	0,476	50	0,541	52	0,605	58
Treonina (65)	0,582	74	0,598	69	0,657	69	0,715	69	0,773	69
Valina (77)	0,727	92	0,727	83	0,773	81	0,841	81	0,910	81
Isoleucina (67)	0,665	85	0,665	76	0,676	71	0,736	71	0,796	71
Triptofano (17)	0,184	23	0,184	21	0,193	20	0,210	20	0,227	20
Arginina (105)	1,060	135	1,060	122	1,060	111	1,136	109	1,228	109
Leucina (109)	1,467	187	1,467	168	1,467	153	1,467	141	1,467	130
Fenilalanina (63)	0,792	101	0,792	91	0,792	83	0,792	76	0,792	70
Glicina + serina (140) ⁶	1,619	188	1,619	171	1,619	156	1,619	144	1,619	134

¹ Composição calculada: energia metabolizável = 3.100 kcal/kg; proteína bruta = 19,37%; fósforo disponível = 0,411%; cálcio = 0,824%; sódio = 0,205%; fibra bruta = 2,53%.

² Conteúdo/kg: Mn = 150.000 mg; Fe = 100.000 mg; Zn = 100.000 mg; Cu = 16.000 mg; I = 1.500 mg; veículo qsp = 1.000 g.

³ Conteúdo/kg: ácido fólico = 700 mg; ácido pantotênico = 13.000 mg; niacina = 35.000 mg; vit. B1 = 1.600 mg, vit. B12 = 10.000 mg, vit. B2 = 5.000 mg, vit. B6 = 2.600 mg, vit. D3 = 1.500.000 UI, vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 1.500 mg; Se = 300 mg; antioxidante = 500 mg; veículo qsp = 1.000 g.

⁴ Salinomicina sódica = 60 ppm.

⁵ Relações na proteína ideal (aa/Lys) recomendadas por Rostagno et al. (2005).

⁶ Valores e relações definidos com base em aminoácidos totais (conforme Tabela 2).

contendo o nível mais baixo de lisina digestível (basal), B = diferença estimada entre a mínima e a máxima resposta obtida com a adição de lisina, C = coeficiente de inclinação da curva, D = nível de lisina da ração basal, e = base do logaritmo neperiano (2,718282), e_i = erro ou desvio associado à distância entre o valor observado e o valor estimado da conversão alimentar.

Com base nas equações exponenciais ajustadas para cada fase de criação, foi calculada a variação do custo com alimentação por kg de ganho de peso, conforme descrito por Pack et al. (2003). A variação no custo da alimentação ($\Delta R\$$), proporcionada pela adição de níveis crescentes de lisina digestível, foi obtida para os intervalos testados pela expressão: $\Delta R\$ = (CDB + ((CUAA - CUDB) * NSAA))$; em que: CDB = custo do kg da dieta basal (sem adição de L-lisina HCl) (R\$); CUAA = custo por unidade da lisina digestível suplementar (R\$); CUDB = custo unitário da

dieta basal (R\$) e NSAA = acréscimo na concentração de lisina digestível (%) proporcionado pela suplementação de L-lisina HCl (78,5%) na dieta basal ($Lys_i - D$). Multiplicando-se os valores de conversão alimentar (CR/GP) estimados pela equação exponencial para cada nível de lisina digestível suplementar, pelo custo do alimento obtido para cada nível de suplementação, obteve-se a variação do custo com alimentação/kg de GP ($\Delta R\$/kgGP$) nos intervalos testados.

A margem por kg de frango para cada nível de suplementação de lisina digestível nas rações foi calculada pela expressão: $M = PVF - (R\$/kgGP)$; em que M = margem por kg de frango (R\$); PVF = preço de venda do frango vivo (R\$/kg), e (R\$/kgGP) é o custo com alimentação por kg de ganho de peso vivo dos frangos.

Em cada fase, os níveis ótimos de lisina nas rações, obtidos com base na abordagem econômica, foram definidos

Tabela 2 - Rações formuladas com níveis crescentes de lisina digestível para frangos de corte Cobb 500 na fase de terminação (35 a 42 dias)¹

Ingredientes (%)	Nível de lisina digestível (%)									
	0,745	0,826	0,907	0,989	1,070					
Milho	66,065	66,065	66,065	66,065	66,065					
Farelo de soja	24,099	24,099	24,099	24,099	24,099					
Fosfato bicálcico	1,534	1,534	1,534	1,534	1,534					
Calcário calcítico	0,806	0,806	0,806	0,806	0,806					
Óleo de soja	3,373	3,373	3,373	3,373	3,373					
Cloreto de sódio	0,443	0,443	0,443	0,443	0,443					
Areia lavada	0,804	0,805	0,805	0,805	0,805					
Suplemento mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050					
Suplemento vitamínico ³	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025					
Cloreto de colina (70%)	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070					
Anticoccidiano ⁴	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050					
L-lisina HCl (78,5%)	-	0,103	0,206	0,311	0,414					
DL-metionina (99%)	0,081	0,143	0,205	0,267	0,331					
L-treonina (99%)	-	0,011	0,068	0,125	0,182					
L-valina (99%)	-	-	0,036	0,102	0,168					
L-isoleucina (99%)	-	-	0,007	0,065	0,122					
L-triptofano (99%)	-	-	0,009	0,025	0,042					
L-arginina (99%)	-	-	-	0,068	0,157					
Ácido L-glutâmico (99%)	2,500	2,264	1,893	1,182	0,404					
Amido de milho	0,100	0,159	0,256	0,535	0,860					
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00					
Aminoácidos digestíveis (%)		aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys	aa/Lys				
Lisina (100) ⁵	0,745	100	0,826	100	0,907	100	0,989	100	1,070	100
Metionina+cistina (72)	0,564	76	0,625	76	0,686	76	0,747	76	0,809	76
Metionina (40)	0,324	43	0,385	47	0,446	49	0,507	51	0,569	53
Treonina (65)	0,556	75	0,567	69	0,622	69	0,678	69	0,733	69
Valina (77)	0,696	93	0,696	84	0,732	81	0,797	81	0,862	81
Isoleucina (67)	0,634	85	0,634	77	0,641	71	0,698	71	0,755	71
Triptofano (17)	0,175	23	0,175	21	0,183	20	0,199	20	0,216	20
Arginina (105)	1,009	135	1,009	122	1,009	111	1,076	109	1,164	109
Leucina (109)	1,416	190	1,416	171	1,416	156	1,416	143	1,416	132
Fenilalanina (63)	0,757	102	0,757	92	0,757	83	0,757	77	0,757	71
Glicina + serina (140) ⁶	1,551	189	1,551	172	1,551	158	1,551	146	1,551	136

¹ Composição calculada: energia metabolizável = 3.150 kcal/kg; proteína bruta = 18,57%; fósforo disponível = 0,380%; cálcio = 0,763%; sódio = 0,194%.

² Conteúdo/kg: Mn = 150.000 mg; Fe = 100.000 mg; Zn = 100.000 mg; Cu = 16.000 mg; I = 1.500 mg; veículo qsp = 1.000 g.

³ Conteúdo/kg: ácido fólico = 700 mg; ácido pantotênico = 13.000 mg; niacina = 35.000 mg; vit. B1 = 1.600 mg; vit. B12 = 10.000 mg; vit. B2 = 5.000 mg; vit. B6 = 2.600 mg; vit. D3 = 1.500.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 1.500 mg; Se = 300 mg; antioxidante = 500 mg; veículo qsp = 1000 g.

⁴ Salinomicina sódica = 60 ppm.

⁵ Relações na proteína ideal (aa/Lys) recomendadas por Rostagno et al. (2005).

⁶ Valores e relações definidos com base em aminoácidos totais.

como sendo aqueles que proporcionaram os menores custos com alimentação por kg de ganho de peso e a maior margem.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS 9.0, por meio dos procedimentos GLM para análise de variância e NLIN (Gauss-Newton) para o ajuste do modelo exponencial (SAS, 1985).

Resultados e Discussão

Experimentos dose-resposta delineados para definir as exigências nutricionais de frangos de corte têm sido tradicionalmente analisados por meio de modelos de regressão de natureza linear, entre eles, o polinomial quadrático e o *Linear Response Plateau* (LRP) ou *Broken Line*.

Segundo Oviedo-Rondón et al. (2002), os modelos de natureza linear são amplamente utilizados na avicultura por serem facilmente implementados nas análises estatísticas. Pack et al. (2003) salientaram que a popularidade desses modelos ocorre pela sua interpretação simplificada das respostas biológicas, possibilitando a determinação matemática de um único valor do nutriente testado, considerado como sendo a exigência.

Entretanto, este tipo de determinação não considera aspectos econômicos e sabe-se que o nível ótimo determinado com base no desempenho na maioria das vezes não coincide com o ótimo econômico, e o principal objetivo do produtor é a lucratividade. Com base nisso, diversos autores (Pack et al., 2003; Lemme, 2005; Sakomura & Rostagno, 2007; Siqueira et al., 2009) têm recomendado o uso de modelos de

regressão não-linear, por permitirem a descrição detalhada da curva-resposta, possibilitando a associação de variáveis econômicas para determinação dos níveis ótimos de nutrientes nas rações.

Neste estudo, os níveis de lisina digestível das rações influenciaram ($P < 0,001$) a conversão alimentar dos frangos de corte Cobb 500 nas fases de crescimento (22 a 35 dias) e terminação (35 a 42 dias), que melhorou com o aumento da concentração de lisina em ambas as fases. Esse resultado era esperado, tendo em vista a essencialidade desse aminoácido para frangos de corte.

O modelo de regressão exponencial foi adequado para descrever as respostas de conversão alimentar das aves em função dos níveis de lisina digestível das rações em ambas as fases, proporcionando excelentes ajustes do ponto de vista estatístico (Figuras 1 e 2).

Para os cálculos do nível ótimo de lisina digestível com base na viabilidade econômica, o custo da ração basal (sem adição de L-lisina HCl) para a fase de crescimento foi considerado como R\$ 0,76/kg e, para a fase de terminação, como R\$ 0,74/kg, admitindo-se que na fase de crescimento

as rações têm maior densidade de nutrientes em relação à fase de terminação, sendo, portanto, mais caras.

Para cada fase, os cálculos foram realizados considerando o custo da L-lisina HCl (78,5%) como R\$ 11,78/kg ou R\$ 14,13/kg (+20%), assumindo a digestibilidade verdadeira dessa fonte cristalina como 100% (Han & Baker, 1994). Desse modo, o custo da lisina digestível proporcionado pela adição de L-lisina HCl (78,5%) foi de R\$ 15,00/kg ($11,78/0,785=15,00$) ou R\$ 18,00/kg ($14,13/0,785=18,00$), gerando estimativas distintas do nível ótimo em cada uma dessas situações.

Na fase de crescimento, assumindo o custo da lisina digestível de R\$ 15,00/kg (L-lisina HCl = R\$ 11,78), o menor custo com alimentação por kg de ganho de peso foi de aproximadamente R\$ 1,312 ($R\$/kgGP = (0,76 + (0,15 - 0,0076) * 0,37) * 1,6147 = 1,312$). Assumindo o preço de venda do frango vivo como R\$ 1,65/kg, a margem por kg de frango produzido foi de R\$ 0,338 ($M = 1,65 - 1,312 = 0,338$), correspondendo ao nível de 1,150% de lisina digestível na ração, capaz de proporcionar o menor custo com alimentação e a maior margem, situando-se acima do maior nível de lisina

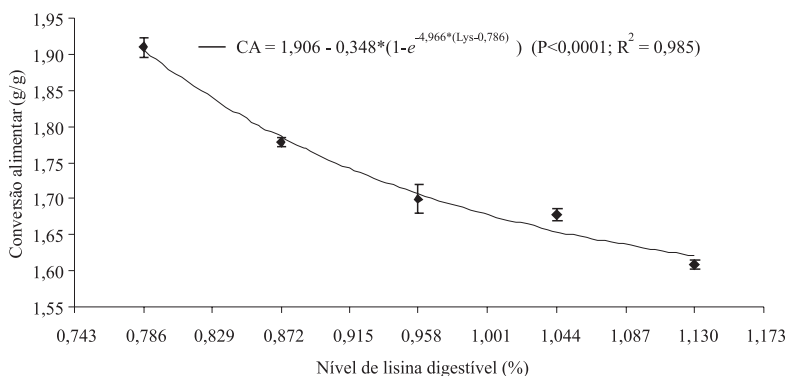


Figura 1 - Modelo exponencial ajustado aos dados de conversão alimentar (CA) de frangos de corte Cobb 500 na fase de crescimento (22 a 35 dias).

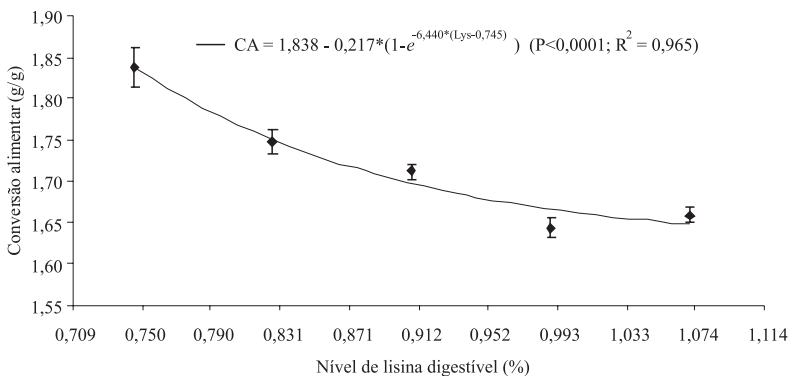


Figura 2 - Modelo exponencial ajustado aos dados de conversão alimentar (CA) de frangos de corte Cobb 500 na fase de terminação (35 a 42 dias).

testado (1,130%). Entretanto, tendo em vista as oscilações no preço de mercado dos insumos utilizados na nutrição avícola, se o preço da lisina digestível proveniente da suplementação de L-lisina HCl aumentar para R\$ 18,00 (L-lisina HCl = R\$ 14,13), o menor custo com alimentação por kg de ganho de peso passará a ser de R\$ 1,329 ($R\$/kgGP = (0,76 + (0,18 - 0,0076) * 0,33) * 1,6272 = 1,329$), resultando em uma margem por kg de frango produzido de R\$0,321 ($M = 1,65 - 1,329 = 0,321$), menor que na situação anterior. Neste caso, o nível ótimo de lisina digestível na ração reduzirá para 1,110% (Figura 3).

Na fase de terminação, os resultados obedeceram à mesma tendência, e o menor custo com alimentação por kg de ganho de peso calculado em aproximadamente R\$ 1,292 ($R\$/kgGP = (0,74 + (0,15 - 0,0074) * 0,24) * 1,6688 = 1,292$) quando o preço da lisina foi considerado R\$ 15,00/kg, resultando em margem por kg de frango produzido de R\$0,358, ($M = 1,65 - 1,292 = 0,358$), assumindo o mesmo preço de venda do frango vivo (R\$ 1,65/kg). Neste caso, o nível ótimo de lisina digestível na ração correspondeu a 0,980%. Por outro lado, se o preço da lisina digestível aumentar para R\$ 18,00, o menor custo com alimentação por kg de ganho de peso passará a ser de R\$ 1,303 ($R\$/kgGP =$

$(0,74 + (0,18 - 0,0074) * 0,21) * 1,6790 = 1,303$), resultando em margem por kg de frango produzido de R\$ 0,347 ($M = 1,65 - 1,303 = 0,347$). Assim, o nível ótimo de lisina digestível na ração capaz de proporcionar o menor custo com alimentação e a maior margem por kg de frango produzido reduzirá para 0,950% (Figura 4).

A utilização do modelo exponencial permite identificar o ponto da curva-resposta em que o aumento relativo no custo da alimentação proporcionado pela suplementação de lisina digestível se iguala à melhora relativa no desempenho. Assim, se o preço da L-lisina HCl (78,5%) aumentar, o custo com a alimentação para cada nível de suplementação de lisina digestível também aumentará, sendo coerente que o nível capaz de proporcionar o menor custo com alimentação seja inferior, como ilustrado neste estudo.

Para as condições nas quais os cálculos foram realizados, observaram-se maiores restrições econômicas para a fase de terminação em relação à fase de crescimento, visto que o custo com alimentação passou a aumentar e a margem a diminuir a partir de níveis relativamente inferiores. Esse comportamento está diretamente relacionado ao maior potencial de resposta das aves na fase de crescimento ($B = 0,348$) em relação àquelas em terminação ($B = 0,217$),

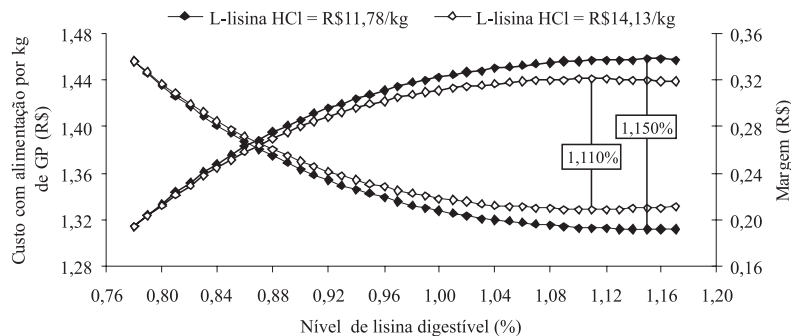


Figura 3 - Variação do custo com alimentação e da margem por kg de frango produzido de acordo com o nível de lisina digestível da ração para frangos de corte Cobb 500 em crescimento (22 aos 35 dias).

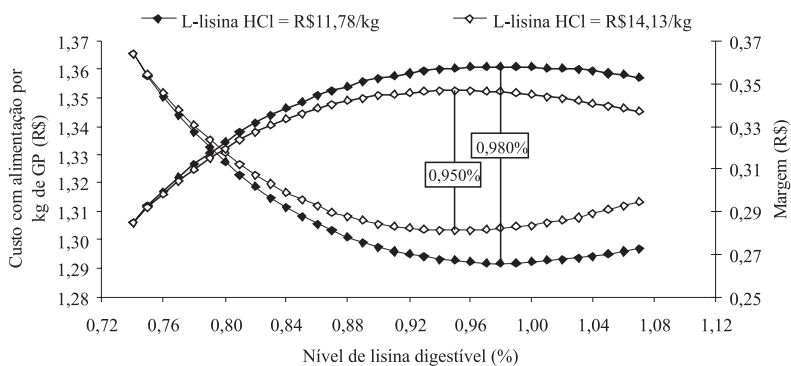


Figura 4 - Variação do custo com alimentação e da margem por kg de frango produzido de acordo com o nível de lisina digestível da ração para frangos de corte Cobb 500 em terminação (35 aos 42 dias).

e conseqüentemente, com os valores dos parâmetros estimados para as equações de cada fase, especialmente o parâmetro C (coeficiente de inclinação da curva), que ditam o grau de curvatura das respostas.

Valores relativamente maiores do parâmetro C, como na fase de terminação ($C = 6,440$), geram curvas-resposta cuja região crítica (região onde a probabilidade de resposta diminui) encontra-se em limites relativamente estreitos, não havendo maiores benefícios no desempenho com a suplementação de níveis elevados. Por outro lado, quando são estimados valores relativamente menores de C, no caso da fase de crescimento ($C = 4,996$), as respostas encontram-se melhor distribuídas, proporcionando reduções no custo por kg de ganho com a suplementação de níveis mais elevados de lisina digestível.

Ferreira et al. (2009) utilizaram o modelo exponencial para definir o nível ótimo econômico de metionina+cistina em rações de frangos de corte em terminação e os resultados podem confirmar essas afirmações. O parâmetro C estimado por esses autores foi extremamente elevado (22,36), resultando em uma região crítica da curva-resposta bem delimitada, de modo que reduções acentuadas no custo com alimentação ocorreram somente com dietas extremamente deficientes.

Siqueira et al. (2009) utilizaram abordagem semelhante para definir o nível ótimo econômico de lisina digestível em rações para frangos de corte da linhagem ISA Label. Os autores estimaram o parâmetro C do modelo exponencial em 13,88, resultando em níveis econômicos inferiores aos níveis adequados para melhorar o desempenho das aves. Esses resultados confirmam a influência do valor do parâmetro C do modelo exponencial na determinação do nível ótimo econômico de nutrientes com base nessa abordagem.

Vale mencionar que o modelo de regressão exponencial baseia-se no princípio de que o aumento na resposta animal diminui à medida que se aproxima do máximo desempenho (Sakomura & Rostagno, 2007), não predizendo o efeito causado pelo excesso do nutriente avaliado. Assim, para sua correta utilização, é necessário que haja número suficiente de níveis do nutriente avaliado nas rações e que estes partam de uma condição de grande deficiência até uma condição a partir da qual não haja grandes aumentos na resposta (Pack et al., 2003).

A abordagem econômica utilizada neste estudo considerou apenas os custos com alimentação, não envolvendo outros componentes do custo de produção. Entretanto, sabe-se que, na avicultura de corte, o custo com alimentação corresponde à aproximadamente 70% do custo total de produção (Nascimento et al., 2009; Rizzo et al., 2010). Com base nisso, a utilização do modelo exponencial para

definição dos níveis adequados de nutrientes nas rações de frangos de corte pode ser uma ferramenta de grande importância para auxiliar nas decisões em situações práticas, uma vez que os preços dos insumos utilizados na nutrição animal estão sujeitos a frequentes oscilações de mercado.

Conclusões

Considerando o preço da L-lisina HCl (78,5%) de R\$ 11,78, os níveis ótimos de lisina digestível nas rações para crescimento e terminação são de 1,150 e 0,980%, respectivamente, pois proporcionam as maiores margens. Entretanto, se o preço dessa fonte cristalina aumentar para R\$ 14,13, os níveis ótimos nas rações para crescimento e terminação reduzirão para 1,110 e 0,950%, respectivamente, havendo conseqüentemente redução na margem. A utilização do modelo exponencial pode ser valiosa em decisões práticas, tendo em vista que os preços dos insumos utilizados na nutrição animal estão sujeitos a frequentes oscilações de mercado.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo fornecimento de bolsas de estudo e pesquisa.

À Ajinomoto Biolatina Indústria e Comércio Ltda. pela doação dos aminoácidos.

Referências

- FERREIRA, N.T.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. et al. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte determinados com base na análise econômica da alimentação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM 2009. (CD-ROM).
- GAHL, M.J.; CRENSHAW, T.D.; BENEVENGA, N.J. Diminishing returns in weight, nitrogen, and lysine gain of pigs fed six levels of lysine from three supplemental sources. *Journal of Animal Science*, v.72, p.3177-3187, 1994.
- HAN, Y.; BAKER, D.H. Digestible lysine requirement of male and female broiler chicks during the period three to six weeks post hatching. *Poultry Science*, v.73, p.1739-1745, 1994.
- LEMME, A. Optimum dietary amino acid level for broiler chicken. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2., 2005, Viçosa, MG. *Anais*. Viçosa, MG: UFV, 2005. p.117-144.
- NASCIMENTO, D.C.N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. et al. Exigências de metionina + cistina digestível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.5, p.869-878, 2009.
- OVIDO-RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; SAKAGUTI, E.S. Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v.4, p.199-207, 2002.

- OWENS, F.N.; PETTIGREW, J.E. Subdividing amino acid requirements into portions for maintenance and growth. In: FRIEDMAN, M. (Ed.). **Absorption and utilization of amino acids**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v.1, p.15-30.
- PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J.P.F. (Eds.) **Amino acids in animal nutrition**. Cambridge: CABI Publishing, 2003. p.459-483.
- RIZZO, P.V.; MENTEN, J.F.M.; RACANICCI, A.M.C. et al. Extratos vegetais em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.801-807, 2010.
- RODEHUTSCORD, M.; PACK, M. Estimates of essential amino acid requirements from dose-response studies with rainbow trout and broiler chicken: effect of mathematical model. **Archives of Animal Nutrition**, v.52, p.223-244, 1999.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO, D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide: statistics**. 5.ed. Cary: SAS Institute, 1985. 956p.