

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

**EXIGÊNCIA DE LISINA E ESTIMATIVA DA RELAÇÃO IDEAL
AMINOÁCIDO/LISINA POR MODELAGEM DA DEPOSIÇÃO DE
NITROGÊNIO PELO MÉTODO DE GOETTINGEN**

PRISCILA ANTÃO DOS SANTOS
Zootecnista

**RECIFE
PERNAMBUCO – BRASIL
2015**

PRISCILA ANTÃO DOS SANTOS

**EXIGÊNCIA DE LISINA E ESTIMATIVA DA RELAÇÃO IDEAL
AMINOÁCIDO/LISINA POR MODELAGEM DA DEPOSIÇÃO DE
NITROGÊNIO PELO MÉTODO DE GOETTINGEN**

Tese apresentada ao programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em zootecnia.

Área de concentração: Nutrição de não ruminantes

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello (UFRPE)

Conselheiros: Prof^a Dr^a Nilva Kazue Sakomura (UNESP/Jaboticabal)

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior (UFRPE)

RECIFE
PERNAMBUCO – BRASIL
2015

Exigência de lisina e estimativa da relação ideal aminoácido/lisina por modelagem da deposição de nitrogênio pelo método de Goettingen

PRISCILA ANTÃO DOS SANTOS

Tese definitiva e aprovada em 27 de novembro de 2015, pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello - UFRPE
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Examinadores: _____

Prof. Dr. Fábio Sales de Albuquerque Cunha (UNEAL)

Prof. Dra. Helena Emília C. C. Manso (UFRPE)

Prof. Dra. Maria do Carmo M. M. Ludke (UFRPE)

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior (UFRPE)

Recife - PE
Novembro – 2015

BIOGRAFIA

Priscila Antão dos Santos, filha de Adeildo Antão dos Santos e Vera Lucia dos Santos, nasceu em Recife – PE, no dia 21 de setembro de 1982. Em março de 2003, iniciou a graduação em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde participou do Programa Ensino Tutorial MEC-SESu (PET - Zootecnia), de março de 2006 até junho de 2008, participando de diferentes projetos na área de nutrição de Não-Ruminantes. Desenvolvendo atividade ligadas ao ensino, pesquisa e extensão. Em agosto de 2008 obteve o título de Zootecnista.

Em março de 2009, iniciou as atividades como aluna regular do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na área de Nutrição de Não-Ruminantes na mesma Universidade sob a orientação da Prof^a Maria do Carmo M. M. Ludke. Em junho de 2011, submeteu-se à defesa de Dissertação para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”. Em Agosto de 2011, ingressou no curso de Doutorado Integrado em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob a orientação da Prof. Carlos Bôa-Viagem Rabello, submetendo-se à defesa de tese no dia 27 de novembro de 2015.

Dedico

Só poderia dedicar essa tese a duas pessoas: meu marido e minha filha.

A Flávio, pelo tempo todo que esteve ao meu lado apoiando e incentivando incondicionalmente. Não foram momentos fáceis nessa jornada, mas sempre acreditou que chegaria ao final com êxito. Serei eternamente grata por toda compreensão, carinho, risos. Feliz por saber que passarei o resto da minha vida ao seu lado. Por me dá a pedra mais preciosa de nossas vidas, nossa pequena Lara.

A Lara, por que com ela descobri que sou mais forte do que sempre imaginei.

Que por ela posso mover montanhas!

Amo muitos vocês!

... Vamos descobrir o mundo juntos baby
Quero aprender com o teu pequeno grande coração
Meus amores...

Cássia Eller

Ofereço essa Tese a minha família. A Vera Lucia (Minha Mãe) e Adeildo Antão (meu Pai). Aos meus irmãos Flávio, Daniela e Michael. Aos meus Sobrinhos Maria Victória, Otávio, Maria Valentina e Heitor. Minhas cunhadas Andréa e Mirela. Sem minha família não sou nada. Por mais coisas que conquistamos na vida, para que sejamos plenamente felizes, precisamos do bem maior: A Família.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Adeildo Antão dos Santos e Vera Lucia dos Santos pelo incentivo aos estudos, pelo amor, pelo carinho, por tudo.

A Flávio Marinho por toda paciência, apoio, incentivo e confiança. Te amo!

A Minha Lara. Que veio para completar a minha vida.

Aos meus irmãos Flávio, Daniela e Michael por nossa união, apoio, incentivo e amor.

Aos meus sobrinhos Maria Victória, Maria Valentina, Otávio e Heitor por alegrar minha vida.

Ao Professor Dr. Carlos Bôa-Viagem Rabello, por ser meu orientador e pelos ensinamentos.

A Professor Wilson Moreira Dutra Júnior e Nilva Kazue Sakomura por terem sido meus co-orientadores.

À MINHA equipe de estagiários: Ana Gabriela, Augusto, Rafaela. Em vocês depositei minha total confiança para ajuda na condução dos experimentos. Obrigada por todos os momentos inesquecíveis que vivem juntos.

A Prof^a. Maria do Carmo Mohaupt Marque Ludke, pela colaboração, por tirar algumas dúvidas e por sempre estar presente na minha vida acadêmica.

Ao Pesquisador da Embrapa Suínos e aves, Dr. Jorge Vitor Ludke, pelo qual tenho profundo respeito. Por nunca hesitar em tirar minhas dúvidas e por todos os ensinamentos.

A Professor Edney Pereira da Silva (UNESP/Jaboticabal), por toda ajuda com a metodologia utilizada no experimento. Por sempre tirar minhas dúvidas! Meu muito obrigada.

A Juliano Dorigam e Michele Bernardino por toda ajuda com a interpretação dos dados. Muito obrigada!

A Marcos José, meu amigo, por toda ajuda intelectual, conselhos e incentivos.

A Izaura Lorena e Fabio Rezende, pela ajuda no experimento, apoio e pela amizade.

À Fátima Sampaio por sua colaboração e palavras de apoio. Por nunca hesitar em providenciar qualquer ajuda durante o experimento.

À Empresa Ajinomoto, em nome de Eduardo Yamanaka, pela doação de alguns aminoácidos para realização do experimento.

À Empresa Ferraz Avícola pela doação do primeiro lote de animais.

Ao Seu Biu, por me ajudar no experimento e nos momentos de descontração que ele me proporcionou.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa e financiamento dos experimentos.

Aos funcionários do DZ Lucinha, Cyntia, Roberto, Cristina por toda ajuda.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural, por ter possibilitado a realização do Curso de Doutorado.

Ao Departamento de Zootecnia e ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A todos aqueles direta ou indiretamente me ajudou e que esqueci de mencionar, desculpas e obrigada por compartilharem momentos agradáveis.

Eu prefiro ser,
Essa metamorfose ambulante,
Do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo...
... É chato chegar
A um objetivo num instante
Eu quero viver
Nessa metamorfose ambulante
Do que ter aquela velha opinião formada sobre tudo...

Raul Seixas

Tudo tem começo e meio. O fim só existe para quem não percebe o
recomeço!

Luiz Gasparetto

ÍNDICE

Considerações iniciais.....	17
Referencial teórico.....	18
Referências	32
<i>Modelagem da deposição de nitrogênio e exigência de lisina para frangos Redbro plumé</i>	<i>39</i>
Resumo.....	40
Abstract.....	41
Introdução.....	42
Material e métodos.....	43
Resultados e discussão.....	47
Conclusão.....	52
Referências	53
<i>Determinação das relações ideais de aminoácidos para frango Redbro plumé.....</i>	<i>56</i>
Resumo.....	57
Abstract.....	58
Introdução.....	59
Material e métodos.....	60
Resultados e discussão.....	66
Conclusão.....	73
Referências	74
Considerações finais.....	79

LISTA DE TABELAS

Referencial teórico

Tabela 1. Exigências de proteína bruta utilizadas em dietas de frango de crescimento lento.....	22
---	----

Modelagem da deposição de nitrogênio e exigência de lisina para frangos Redbro plumé

Tabela 1. Composição das dietas experimentais.....	44
Tabela 2. Composição nutricional das dietas experimentais.....	45
Tabela 3 – Médias do peso corporal (PC, g), consumo de matéria seca (CMS, g / dia), ingestão de nitrogênio (NI, mg/PC _{kg} ^{0,67}), a excreção (NEX, mg/PC _{kg} ^{0,67}) e deposição (ND, mg/PC _{kg} ^{0,67}), de acordo com os níveis de nitrogênio na dieta nos três períodos avaliados.....	48
Tabela 4 – Médias calculadas de ingestão de lisina digestível (ilys) e concentração na dieta (cLys) em função das diferentes períodos e taxa de deposição de proteína.....	51

Determinação das relações ideais de aminoácidos para frangos Redbro plumé

Tabela 1 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período inicial.....	62
Tabela 2 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período crescimento.....	63
Tabela 3 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período final.....	64
Tabela 4- Composição nutricional das dietas por fase de crescimento.....	65
Tabela 5 – Balanço de nitrogênio com exclusão de um aminoácido da dieta sobre peso corporal (PC), Consumo de matéria seca (CMS), nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio depositado (ND), a qualidade de proteínas (b) e eficiência de utilização do aminoácido (bc ⁻¹).....	68
Tabela 6 – Relações ideais de aminoácidos determinados por Baker et al. (2002) e Rostagno et al. (2011).....	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Relação ideal de aminoácidos para fase inicial (14 a 28 dias) para frangos Redbro plumé.....	71
Figura 2- Relação ideal de aminoácidos para fase crescimento (42 a 56 dias) para frangos Redbro plumé.....	71
Figura 3- Relação ideal de aminoácidos para fase final (70 a 84 dias) para frangos Redbro plumé.....	72

Resumo geral: O presente projeto teve como objetivo determinar o máximo potencial genético de retenção de nitrogênio, modelar as exigências de lisina digestível e estimar as relações aminoácido:lisina para metionina+cistina, treonina, triptofano, arginina, valina, isoleucina e leucina com frangos de corte de crescimento lento, machos, da linhagem Redbro plumé. Para isso, a pesquisa foi dividida em duas Etapas. A primeira etapa consistiu de três ensaios de balanço de nitrogênio nos seguintes períodos de idade das aves: 14 a 28 dias (fase inicial); 42 a 56 dias (fase crescimento); 70 a 84 dias (fase final). As aves foram alojadas individualmente e o período de coleta foram divididos em cinco dias de adaptação e dois períodos de coleta de excretas, cada um com cinco dias. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os tratamentos aplicados foram os mesmos nas diferentes idades e consistiram de sete dietas isoenergética com diferentes níveis de nitrogênio, sendo formuladas pela técnica da diluição, obtidos a partir de sucessivas diluições entre o maior nível e uma ração isenta de nitrogênio. Os níveis de nitrogênio foram: 8, 16, 24, 32, 40 e 48 g/kg. Para comprovar que as respostas das aves foram em função do aminoácido limitante foi incluído o sétimo tratamento, que consistiu da dieta com menor nível de nitrogênio, mas com o mesmo teor de lisina digestível do segundo nível. Na segunda Etapa utilizaram-se 72 aves Redbro plumé, machos para cada fase do balanço de nitrogênio. Os tratamentos consistiram de nove dietas com oito repetições formuladas de acordo com as recomendações nutricionais sugeridas para linhagem frangos Redbro plumé, mas as relações ideais de aminoácidos adotadas foram as sugeridas pelas tabelas brasileiras. As dietas com diferentes aminoácidos limitantes foram obtidas por diluição da dieta controle com amido de milho (70%) e suplementadas com aminoácidos cristalinos, exceto para o aminoácido em estudo. A relação entre as eficiências de utilização do aminoácido (b/c) estimados para cada tratamento relativo ao aminoácido foi utilizada para determinar a relação ideal dos aminoácidos. Os resultados da primeira etapa estimaram o potencial máximo para a retenção de nitrogênio 3276, 2585 e 2603 mg/PC_{kg}^{0,67}.dia, a exigência de nitrogênio de manutenção foram de 225, 135 e 122 mg/PC_{kg}^{0,67}.dia e eficiência de utilização de nitrogênio foi 313×10^{-6} , 406×10^{-6} e 415×10^{-6} nas fases de 14-28, 42-56 e 70-84 de idade das aves. O consumo de lisina digerível para os períodos I, II e III, com base em 60% do máximo potencial de retenção de nitrogênio, foram 711, 989 e 1272 mg/dia (1,225, 1,137 e 1,09% de lisina na dieta para um consumo diário de ração de 58, 87 e 117 g/dia), respectivamente. A partir dos resultados dos experimentos da etapa II foram estimadas as seguintes relações aminoacídicas: 67, 73 e 71 para metionina + cistina; 63, 69 e 69 para treonina; 17, 18 e 17 para triptofano; 105, 102 e 103 para arginina; 85, 80 e 78 para valina; 67, 67 e 68 para isoleucina; 104, 109 e 108 para leucina, respectivamente para fase inicial, crescimento e final das aves.

General abstract: The object of project was to determine the maximum genetic potential of nitrogen retention, modeling the digestible lysine requirements and estimate the amino acid relationships: lysine to methionine and cystine, threonine, tryptophan, arginine, valine, isoleucine and leucine with broiler slow growth, male, of Redbro plume strain. For this, the research was divided into two stage. The first stage consisted of three nitrogen balance tests in the following periods of age of the birds: 14-28 days (early phase); 42 to 56 days (growth phase); 70 the 84 days (last phase). The birds were housed individually and the collection period were divided into five days of adaptation and two periods of excreta collection, each with five days. The experimental design was completely randomized. The treatments were the same in different ages and consisted of seven isocaloric diets with different levels of nitrogen, being formulated by the technique of dilution, obtained from successive dilutions from the highest level and a diet free of nitrogen. The nitrogen levels were 8, 16, 24, 32, 40 and 48 g / kg. To prove that the responses of birds were due to the limiting amino acid has been added the seventh treatment consisting of diet with lower levels of nitrogen, but with the same lysine content of the second level. In the second stage they used 72 birds Redbro plume, males for each phase of the nitrogen balance. The treatments consisted of nine diets with eight repetitions formulated according to the nutritional recommendations suggested for chickens lineage Redbro plume, but the ideal relations of amino acids used was suggested by Brazilian tables. The diets with different amino acids were obtained by limiting dilution of the control diet with corn starch (70%) and supplemented with crystalline amino acids, amino acid except for the study. The relationship between amino acid utilization efficiency (b / c) estimated for each treatment relative to the amino acid was used to determine the ideal ratio of amino acids. The results of the first stage estimated the maximum potential for nitrogen retention was 3276, 2585 and 2603 mg/BW_{kg}^{0.67}.day, nitrogen maintenance requirement was 225, 135 and 122 mg/BW_{kg}^{0.67}.day and efficiency of nitrogen utilization were 313×10⁻⁶, 406×10⁻⁶ and 415×10⁻⁶ in the phases of 14-28, 42-56 and 70-84 days old birds. The digestible lysine intake for the periods I, II and III, based on 60% of the maximum potential for nitrogen retention, were 711, 989 and 1272 mg/day (1.225, 1.137 and 1.09 % of lysine in the diet for a daily feed intake of 58, 87 and 117 g/day), respectively. From the results of the experiments of stage II, the following aminoacidic relations were estimated: 67, 73 and 71 metionina + cystine; 63, 69 and 69 threonine; 17, 18 and 17 tryptophan; 105, 102 and 103 arginine; 85, 80 and 78 valine; 67, 67 and 68 isoleucine; 104, leucine 109 and 108, respectively, for initial phase, growing and finishing the birds.

1 **Considerações Iniciais**

2

3 Os avanços genéticos alcançados se refletem em diferenças nas proporções dos
4 constituintes corporais das aves, alterando as exigências nutricionais.
5 Concomitantemente, esforços vêm sendo feito por pesquisadores, em busca de adequar
6 os níveis nutricionais para que essa ave venha a expressar seu máximo potencial
7 genético.

8 Há estudos que vem sendo realizados que se baseiam na concepção de que cada
9 animal tem um potencial genético para o seu máximo teórico de deposição de proteína e
10 exigência de nitrogênio para manutenção. Estes trabalhos consideram a existência de uma
11 quantidade considerável de proteína sintetizada mesmo que a ave esteja em estado
12 fisiológico de equilíbrio de nitrogênio. Além disso, mostram que existe uma máxima
13 teórica deposição de nitrogênio e que está limitado ao potencial de deposição que cada
14 genótipo apresenta. Porém, o atributo "teórico" é porque indica o valor limiar estimado
15 e não representam exatamente a faixa de crescimento observada em campo, mas
16 caracterizam a estimativa do potencial genético da linhagem, o qual não é atingido
17 devido a fatores dietéticos.

18 Objetivou-se neste estudo determinar o máximo potencial genético de retenção de
19 nitrogênio, modelar as exigências de lisina digestível e estimar as relações
20 aminoácido:lisina para metionina+cistina, treonina, triptofano, arginina, valina,
21 isoleucina e leucina com frangos de corte de crescimento lento, machos, da linhagem
22 Redbro plumé.

Capítulo 1 - Referencial Teórico

Exigência de proteína/aminoácidos para frangos de corte de crescimento lento e modelo de Goettingen

Importância das aves de crescimento lento

A criação de frangos de corte de linhagem de crescimento lento, tem proporcionado uma expansão na avicultura alternativa, por apresentar características organolépticas da carne diferenciada, devido à genética e a criação quando comparado ao frango de corte comercial. Sua genética apresenta características próprias sendo que estas, normalmente, apresentam curvas e taxa de crescimento diferente das linhagens comerciais (ALBINO et al., 2001). Tais aves, tem o tempo de criação mais tardia, no mínimo 85 dias, mas o produto é de alta qualidade e, cada vez mais, conquista consumidores exigentes (SANTOS et al., 2009). Estes, desejam animais que sejam produzidos de maneira livre com mais bem-estar e incorporaram a sua dieta alimentar produtos mais naturais. A escolha por estes alimentos não só se baseia na qualidade diferenciada do produto, mas também no histórico do sistema em que os animais são criados (ZANUSSO & DIONELLO, 2003).

O sistema de criação das aves é o semi-intensivo, também conhecido como caipira ou colonial, o qual proporciona o livre acesso a áreas de pastejo, trazendo algumas particularidades a carne quando comparadas com aquelas criadas em confinamento. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estabelece as normas para o sistema de produção de frangos tipo caipira/ colonial (MAPA, 2012). Sua carne é mais consistente e a textura das fibras mais firme, tem sabor acentuado e menor teor de gordura na carcaça, apresentando características sensoriais desejáveis aos consumidores (TAKAHASHI et al., 2006). Mas, para a produção em sistema semi-intensivo é necessário, não apenas o oferecimento de condições ambientais adequadas

para as aves, mas, também, a utilização de aves melhoradas e adaptadas ao sistema alternativo, com alto potencial genético com esta finalidade (HELLMEISTER FILHO, 2003).

Dentre as linhagens de crescimento lento existentes no Brasil, podemos citar a Embrapa ou Colonial 041, produzido pelo Centro Nacional de Pesquisas em Suínos e Aves, Concórdia/SC; A linhagem Redbro Cou Nu (Label Rouge) - Vermelho de Pescoço Pelado é conhecida no Brasil como ISA Label, desenvolvida na França através de cruzamento de raças rústicas pelo Instituto Agrícola (ISA) ; O frango Redbro Plumé, Vermelho de Pescoço Emplumado, mais conhecido como Pesadão Vermelho, resultado da parceria da Globoaves com o Groupe Grimaud (França). A linhagem Gris Barre Plumé, conhecida como Carijó, fornecida pela Avifran. Não deixando de resaltar as linhagens como Caipirinha da ESALQ e Carijó Barbado que foram melhoradas para dupla aptidão. Menos conhecida, porém, com a mesma finalidade temos Caipira Francês Pedrês - Gris Barré cou nú; Caipira Francês Exótico - Master Gris Cou Plumé. Existem outras linhagens que são consideradas como linhagens para criação tipo caipira ou colonial, mas são consideradas de crescimento rápido um exemplo clássico é o Paraíso Pedrês, muito conhecida no Brasil, dentre outras. Os frangos de linhagem de crescimento lento atuais refletem semelhanças com as principais raças que as originaram com alguns exemplos Rhode Island Red, New Hampshire, Plymouth Rock, Gigante negro, mas de acordo com BARBOSA FILHO et al. (2007) as semelhanças se refletem não somente em termos de plumagem e porte, mas também em características de carcaça, além das características propícias para produção em sistema alternativo, uma vez que são linhagens de crescimento lento e demonstram uma rusticidade ideal para criação ao ar livre.

Exigências nutricionais de proteína para frangos de corte de crescimento lento

A produção industrial de carne visa, principalmente, uma eficiente conversão da proteína da ração em proteína muscular, tornando a proteína um dos mais importantes nutrientes. O excesso de proteína na ração resulta na perda de energia, visto que o custo para excretar um aminoácido é de 6 a 18 mol de ATP, na qual poderia ser utilizada para deposição de proteína nos tecidos, onde o custo metabólico para incorporar um aminoácido na cadeia protéica é estimado em 4 mol de ATP, a eliminação dos aminoácidos apresenta elevado custo energético para as aves (COSTA et al., 2001).

Com a maior disponibilidade de aminoácidos industriais e os avanços na determinação da exigência de aminoácidos para aves torna-se possível reduzir o teor de proteína bruta da ração sem prejudicar o desempenho animal, mantendo-se os níveis de aminoácidos essenciais. Isto corrobora com o conceito de proteína ideal que é uma mistura de aminoácidos ou de proteínas com total disponibilidade de digestão e de metabolismo capaz de fornecer, sem excessos nem deficiências, as necessidades absolutas de todos os aminoácidos requeridos para manutenção e produção (PARSONS & BAKER, 1994). Outra vantagem do uso da proteína ideal é minimizar a interação de fatores que influenciam as exigências dos animais em aminoácidos, tais como a densidade energética, nível proteico e potencial genético do animal para ganho em carne magra (CUARÓN et al., 2000).

Alguns nutricionistas ainda ignoram o potencial genético da ave e formulam dietas iguais para frangos com desempenho diferente, pois as exigências de proteína para frangos de corte de crescimento lento ainda não estão bem estabelecidas. As exigências nutricionais para cada linhagem é um fator que sempre deve ser levado em consideração, além disso se sabe que o sexo exerce influência, pois frangos machos tem maior exigência nutricional que as fêmeas devido a vários fatores, como exemplo o

maior ganho de peso. O ajuste dos níveis de proteína traz ganhos produtivos e econômicos importantes, obtidos com a melhoria do desempenho e da qualidade de carcaça de frangos (LEANDRO et al., 2003). Uma deficiência de proteína na ração poderá ocasionar uma queda no crescimento, canibalismo e diminuição de produção.

Existem alguns trabalhos com desempenho ou avaliação de carcaça para linhagem de crescimento lento (SANTOS et al., 2005; CONEGLIAN et al., 2010; HELLMEISTER FILHO et al., 2013), mas poucos, ou melhor, quase inexistente para a determinação de exigência de proteína. O que faz com que a formulação seja baseada em requerimento de frango de corte industrial, manual de linhagem ou fabricante de rações.

Tabela 1 – Exigências de proteína bruta utilizadas em dietas de frango de crescimento lento

Autores	Linhagem	Fases ¹			Fonte
		I	II	III	
Figueiredo et al., 2000	EMBRAPA 041	20,0%	18,0%	16,5%	Manual da linhagem
Santos et al., 2005	Isa JA 57	20,6%	18,6%	17,4%	Rostagno et al., (2000)
Mendonça et al., 2008	ISA Label	21,4%	19,3%	18,0%	NRC (1994)
Dourado et al., 2009	Isa JA 57	19,5%	18,5%	18,0%	Fabricante Nhô Bento
	Label Rouge	20,0%	18,0%	16,5%	Manual da linhagem
Madeira et al., 2010	Pesadão vermelho				
Globoaves, 2011	Pescoço pelado	19,0%	17,7%	16,5%	Manual da linhagem
	Pesadão vermelho				
Ferreira, 2013	Carijó Preto	19,5%	16,2%	15,0%	*
	Colonial				
Oliveira et al., 2013	Label Rouge	15,0%	-	-	*

*Determinou experimentalmente.

Os manuais de linhagens oferecem alguns requerimentos para produção, mas essas recomendações não são baseadas em estudos de exigência e sim, em o que é comumente apresentado nos rótulos de fabricantes de rações. Cada linhagem apresenta potencial genético para desempenho diferenciado e direcionado para seu crescimento e demais índices zootécnicos. Um fator muito importante a ser considerado é a idade de abate que varia de acordo com as linhagens e que interfere de forma direta no estabelecimento das exigências nutricionais.

SANTOS et al., (2005) e DOURADO et al., (2009) trabalharam com a linhagem Isa Label em experimentos com sistemas diferentes, na qual cada um utilizou uma referência de exigência diferente e houve uma variação de 5,75%, 0,96% e 3,16% para cada fase inicial, crescimento e final, respectivamente. A genética utilizada nos trabalhos é a mesma, mas as diferenças no ajuste da dieta quanto à composição nutricional vai provavelmente interferir no desempenho dos animais.

De acordo com FERREIRA (2013), os níveis de proteína bruta de 19,5%, 16,25% e 15,0% para as fases de crescimento (inicial, crescimento e final) são ideais para que as aves apresentem um bom desempenho e rendimento de cortes. Porém, o autor conclui que sejam ajustadas as relações ideais de aminoácidos: lisina digestível e tenha o atendimento às exigências dos aminoácidos limitantes. O que foi observado por OLIVEIRA et al. (2013), que chegaram à conclusão que uma dieta de 15,0% de proteína para frangos Label Rouge na fase de 1 a 28 dias (inicial) não altera o desempenho, desde que seja respeitada a exigência de lisina digestível (0,85%). O conhecimento do potencial de crescimento possibilita a adoção de práticas de manejo que otimizem a produção, priorizando as necessidades nutricionais de cada fase de criação.

Exigência de aminoácidos para frangos de crescimento lento

No organismo, os aminoácidos têm várias funções e as necessidades de formar as proteínas corporais são, quantitativamente, prioritárias. Apenas dez aminoácidos, são considerados essenciais, dos vinte para frangos de corte de linhagem de crescimento lento, e, destes, apenas as exigências de lisina foi avaliada na maioria dos estudos, enquanto, poucas pesquisas foram realizadas com aminoácidos sulfurosos e treonina para esse tipo de ave. Com o aumento na obtenção de aminoácidos industriais, os

nutricionistas passaram a formular as rações com o objetivo de satisfazer as necessidades específicas dos aminoácidos essenciais (ARAÚJO et al., 2004), tornando-se comum a suplementação de aminoácidos nas rações, o que permite diminuir os níveis de proteína. Sabendo que os alimentos proteicos são os mais onerosos da ração, com a diminuição de seu conteúdo, pode-se sugerir que os custos de produção sejam reduzidos dependendo das fontes proteicas. Para que determinada linhagem de ave possa expressar o seu potencial genético, algumas particularidades devem ser levadas em conta como potencial de ganho de peso, o peso corporal e as características reprodutivas e comportamentais são importantes variáveis e podem influenciar a exigência nutricional de aminoácidos e devem ser consideradas nas formulações das rações.

Os aminoácidos digestíveis na proteína ideal são expressos em taxas ideais ou em porcentagem do aminoácido-referência. A lisina é fisiologicamente essencial para manutenção, crescimento e produção, pois tem como principal função a síntese de proteína muscular, tornando-se a referência para determinar as exigências dos demais aminoácidos, apesar de ser o segundo aminoácido limitante para aves. HAN & BAKER (1991) avaliaram dietas para duas linhagens com crescimento rápido (Hubbard x Hubbard) e lento (New Hampshire x Columbian), no período de 8 a 21 dias de idade, contendo 23% de proteína e verificaram que não é necessário mais do que 1,17% de lisina total (1,01% de lisina digestível) para o máximo de ganho de peso e 1,41% de lisina total (1,21% de lisina digestível) para a máxima conversão alimentar de ambas as linhagens.

Resultados para níveis de lisina foram relatados por NASCIMENTO et al., (2009a), no qual avaliaram o desempenho e características de carcaça para linhagem ISA Label (ambos os sexos) alimentados com rações contendo diferentes níveis de lisina digestível criados em sistema de semi confinamento por meio dos modelos *Linear*

Response Plateau (LRP) e/ou polinomial quadrático, considerando o nível ótimo de lisina o primeiro ponto de intersecção da curva quadrática com o platô do *LRP*, e concluíram que os níveis de lisina digestível 1,041; 1,006 e 0,760% para a fase inicial (1 a 28 dias), crescimento (28 a 56 dias) e final (56 a 84 dias), respectivamente, proporcionaram o melhor resultado, independentemente do sexo.

Para a linhagem Label Rouge, foi determinado o nível de 0,85% de lisina para atender às exigências de machos e fêmeas, de 1 a 28 dias (OLIVEIRA et al., 2013). No entanto, para a fase de crescimento (28 a 56 dias de idade) a exigência para Label Rouge, machos, foi estimado no nível de 0,91% de lisina digestível para atender à exigência (ROSA et al., 2014). Para o período de 57 a 84 dias de idade foi estimada a concentração de 0,60% de lisina digestível para frangos de crescimento lento (QUENTIN et al., 2005). As recomendações do manual técnico para frangos de corte de linhagem Embrapa 041 são de 1,00%, 0,887%, 0,780% de lisina, para 1 a 28 dias (inicial), 29 a 60 dias (crescimento) e 61 a 91 (final), respectivamente (FIGUEREDO et al., 2000).

Determinar a exigência de aminoácidos para cada linhagem e fase de criação para frangos de crescimento lento é fundamental para se obter o melhor desempenho zootécnico. Visto que, rações com níveis de lisina deficientes comprometem o desenvolvimento muscular, afetam o desempenho, as características de carcaça e composição corporal das aves (NASCIMENTO et al., 2009a). Sabe-se que em linhagens de crescimento lento, tipo caipira, a porcentagem de carne em relação à carcaça é maior que em linhagens comerciais, portanto, é de extrema importância definir as necessidades nutricionais desse aminoácido para um ótimo crescimento e rendimento de carne (GARCIA-VAO, 1994). Sendo a lisina o aminoácido responsável

pela deposição de tecido muscular, níveis deficientes do mesmo na ração alteram a composição, o rendimento, e, conseqüentemente, a qualidade da carcaça.

Por outro lado, os resultados das pesquisas divergem amplamente, sendo este cenário parcialmente atribuído à utilização de diferentes métodos experimentais (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007), além da genética e fatores ambientais, motivando permanentes discussões na esfera científica. Fato que pode ser observado no trabalho de SIQUEIRA et al., (2009) que estimou o melhor nível de lisina digestível com a linhagem ISA Label de 1 a 28 dias para ambos os sexos, através de diferentes modelos matemáticos, e obtiveram resultados diferentes entre eles; com o modelo *LRP* foi estimado em 0,999% de lisina digestível assumindo que a utilização de um nutriente limitante é constante até que sua exigência seja suprida e que não há respostas adicionais no desempenho acima deste ponto; para regressão segmentada com duas inclinações foi de 1,010% de lisina digestível admitindo a utilização constante do nutriente limitante; para o modelo quadrático estimou-se em 1,116% de lisina digestível, que normalmente é superestimado o valor neste modelo. Esse comportamento se deve ao fato de o modelo quadrático assumir a simetria bilateral da resposta com a adição do nutriente, descrevendo a redução da resposta na mesma intensidade do acréscimo (EUCLYDES & ROSTAGNO, 2002). Na combinação dos modelos quadrático + *LRP* a estimativa foi de 1,041% de lisina digestível. Com base no modelo exponencial obteve-se 1,066% de lisina digestível e foi apontado como o mais ajustado para descrever as respostas das aves aos níveis nutricionais da dieta. Dentre os modelos estudados a variação de lisina digestível ficou em 0,117%, considerando 95% da resposta assintótica, demonstrando que não só a genética, meio ambiente, dentre outras influenciam nas determinação das exigências. Assim sendo, o autor conclui que para determinar o nível de aminoácidos adequado para melhorar o desempenho, a

equação quadrática + *LRP* pode ser considerada o procedimento mais adequado. Mas, o emprego do modelo exponencial permite a associação de variáveis econômicas para o estabelecimento do nível ótimo de aminoácidos nas rações.

Através do modelo quadrático + *LRP*, OLIVEIRA et al., (2013) estimaram o nível de 1,295%, 1,008%, 0,961% e 0,851% de lisina digestível para frangos de corte da linhagem Colonial machos em quatro períodos (1 a 21, 22 a 42, 43 a 56 e 57 a 70) respectivamente. A determinação das exigências de aminoácidos sofre influência direta do modelo utilizado na descrição das respostas e dos critérios adotados para estabelecimento do nível ótimo e que o modelo mais adequado vai variar com o objetivo desejado.

A metionina é considerada o primeiro aminoácido limitante para aves em rações formuladas com milho e farelo de soja. Este aminoácido caracteriza-se por ser precursor da cistina, por transsulfuração. Contudo, o contrário não acontece, sendo necessárias quantidades adequadas de metionina na dieta (RADEMACHER, 2001). A metionina participa na síntese de proteína (WARNICK & ANDERSON, 1968), no metabolismo energético (BOOMGARDT & BAKER, 1973), no metabolismo de lipídeos (JENSEN, 1990) e no sistema imune (KALINOWSKI et al., 2003). Estudo da avaliação do desempenho e características de carcaça de frangos ISA Label, para ambos sexos pelo método dose resposta, alimentados com rações contendo diferentes níveis de metionina+cistina digestível estimou para o período de 1 a 28 dias de idade os níveis de metionina+cistina digestível, para machos e fêmeas de 0,765% e 0,803%, respectivamente. Para o período de 28 a 56 dias de idade estimou-se 0,716% de metionina+cistina digestível na ração, independentemente do sexo e para o período de 56 a 84 dias de idade 0,756% e 0,597% de metionina+cistina digestível, para machos e fêmeas, respectivamente (NASCIMENTO et al., 2009b). No manual da linhagem

EMBRAPA 041 recomenda-se a exigência de aminoácidos para o melhor desempenho de 0,400%, 0,380% e 0,384% metionina, 0,798%, 0,758% e 0,636% metionina+cistina e 0,769%, 0,699% e 0,626% treonina para as fases inicial, crescimento e final respectivamente. Os resultados encontrados por NASCIMENTO et al. (2009b) para ISA Label são bem similares com o recomendado pelo manual da linhagem EMBRAPA 041.

Experimento realizado com frango de crescimento lento e rápido, machos, de 0 a 3 semanas de idade para determinar a exigência de metionina foi estimado em aproximadamente 0,50% independentemente do tipo de crescimento. No entanto, a exigência cistina estimada para frango de crescimento lento foi de 0,39%, sendo menor do que para crescimento rápido 0,44% (KALINOESHI et al., 2003a). A exigência para 3 a 6 semanas foi estimada em 0,46%, independente do crescimento e o requerimento de cistina para frangos de corte de crescimento rápido e lento foi de 0,42 e 0,37%, respectivamente (KALINOESHI et al., 2003b).

A treonina é um aminoácido muito importante, principalmente em função de seu grande conteúdo nas secreções intestinais endógenas. Deficiência em treonina em rações para frangos de corte pode diminuir a eficiência de utilização da metionina + cistina e da lisina (ATENCIO et al., 2004). A concentração de treonina digestível ideal (em percentagem na alimentação) foi estabelecida por diferentes previsões para consumo diário de ração, através de modelos não-lineares estimado por SAMADI & LIEBERT (2007a). Considerando a deposição de proteína corporal diária de cerca de 60% do potencial genético a exigência foi de 0,83 e 0,87% (10 a 25 dias), 0,73 e 0,75% (de 30 a 45 dias), 0,66 e 0,69% (50 a 65 dias), e 0,51 e 0,53% (70 a 85 dias) de treonina digestível na alimentação de genótipo I 657 e genótipo Red JA, respectivamente (para média de consumos de ração diária de 30, 75, 100 e 100 g nas respectivas idades).

Apesar de poucas pesquisas serem realizadas até o momento para determinar as exigências de aminoácidos para aves de corte de crescimento lento, a suplementação das dietas com aminoácidos industriais é uma realidade o que facilita o ajuste das formulações e o atendimento às exigências de aminoácidos essenciais, reduzindo o custo de formulação, melhorando o rendimento dos frangos e possibilitando a redução da excreção de nitrogênio sem prejudicar o desempenho da ave. Houve uma redução de 50% no nitrogênio excretado, quando reduziu a proteína bruta de 21% a 15% de proteína bruta para frangos de corte, segundo VASCONCELOS et al. (2011). O autor observou com os dados que a redução do teor proteico das dietas torna as dietas mais eficientes do ponto de vista energético. Ele conclui que dietas de menor teor proteico vai reduzir a eliminação de nitrogênio e também vai haver um aumento considerável na eficiência de utilização do nitrogênio. Essa redução de proteína na ração demanda de uma maior quantidade de aminoácidos industriais a serem adicionados.

Modelo Goettingen

Um modelo exponencial vem sendo utilizado para calcular as exigências de aminoácidos (AA) para aves em crescimento (SAMADI & LIEBERT, 2006 a, b;2007 a, b;2008; SILVA et al., 2013; DORIGAM et al., 2014). O modelo considera três parâmetros com significado biológico e relativamente fáceis de medir e atualizar. Os parâmetros de máxima retenção de nitrogênio teórica (NR_{maxT}) e mínima retenção de nitrogênio ou exigência de nitrogênio para manutenção (NMR) são específicos para cada linhagem de ave (SAMADI & LIEBERT, 2006 a, b;2007 a, b;2008). O terceiro parâmetro é eficiência de utilização da proteína (b) e ou aminoácido (b/c), que são relacionados com a qualidade da proteína dietética (SAMADI & LIEBERT, 2006 a, b;2007 a, b;2008).

O modelo de Goettingen, preconiza que fatores dietéticos não interferem na estimativa do $NR_{max}T$ e NMR (SAMADI & LIEBERT, 2006 a, b; 2007 a, b; 2008). Isto possibilita determinar os três parâmetros do modelo em um mesmo ensaio de balanço de nitrogênio (THONG & LIEBERT, 2004), com níveis gradativos de proteína na dieta. A eficiência de utilização do aminoácido é obtida a partir da limitação com um aminoácido no por vez perfil da proteína a ser testada. A concentração e disponibilidade dos aminoácidos essenciais na proteína da dieta definem a qualidade da proteína. Esta, é diretamente relacionada com a síntese de proteína corporal, conseqüentemente ao melhor desempenho zootécnico da ave.

A exigência de nitrogênio para manutenção (NMR, $mg/ PC_{kg}^{0,67}$) em cada período/fase de crescimento é obtida por meio de regressão exponencial entre nitrogênio excretado (NEX, $mg/ PC_{kg}^{0,67}$) e nitrogênio ingerido (NI, $mg/ PC_{kg}^{0,67}$), considerando o intercepto no Y para o $NI=0$, de acordo com $NEX = NMR (e^{b \cdot NI})$. Onde, b é a inclinação da curva exponencial; e é o número base do logaritmo natural (ln). O balanço de nitrogênio ou nitrogênio depositado (ND $mg/ PC_{kg}^{0,67}$) é calculada com a diferença entre NI e NEX ($ND = NI - NEX$). Por meio da relação entre nitrogênio ingerido (NI) e retenção (NR) consegue-se estimar os valores da máxima retenção de nitrogênio ($NR_{max}T$, $mg/ PV_{kg}^{0,67}$) dada pela função exponencial: $NR = NR_{max}T (1 - e^{-b \cdot NI})$. Obtendo os valores de NMR e $NR_{max}T$ tem como calcular o valor máximo esperado para deposição de nitrogênio ($ND_{max}T$, $mg/ PV_{kg}^{0,67}$), expressa pela equação: $ND_{max}T = NR_{max}T - NMR$. E para se obter a máxima deposição diária de proteína ($PD_{max}T$, $mg/ PV_{kg}^{0,67}$) é só multiplicar o $ND_{max}T$ por 6,25.

Para estimar as exigências de um aminoácido, o primeiro passo é modificar a equação ($NR = NR_{max}T (1 - e^{-b \cdot NI})$) pela logaritimização, então tem-se o parâmetro b , que é usado como a avaliação de proteína animal, podendo ser calculado pela equação

proposta por SAMADI & LIEBERT (2007a): $b = [\ln NR_{\max}T - \ln (NR_{\max}T - NR)] / NI$. Onde, b é taxa de crescimento da função, indica a qualidade da proteína dietética, independente da ingestão de nitrogênio.

De posse destes parâmetros, a relação da qualidade da proteína dietética (b) com a concentração do aminoácido limitante na proteína dietética, parâmetro c, é possível expressar a eficiência de utilização do aminoácido limitante, representada pelo b/c na equação $LAAI = (\ln NR_{\max}T - \ln (NR_{\max}T - NR)) / 16bc^{-1}$. Onde, LAAI é a ingestão do aminoácido limitante dependente do desempenho e utilização da eficiência das aves ao aminoácido limitante. O valor de b/c é representada pela inclinação da linha reta entre a qualidade da proteína na dieta (b) e o concentração do aminoácido limitante (c) fornecido na dieta.

Assim, utilizando este procedimento pode-se avaliar a relação ótima entre os aminoácidos, e essas comparações só são permitidas dentro de períodos de idade iguais porque $NR_{\max}T$ varia de acordo com o peso corporal e afeta o valor estabelecido de (bc^{-1}) . A relação entre a eficiência lisina (referência) e a eficiência do aminoácido em estudo é utilizado para derivar proporções de AA ideais (IAAR): $IAAR = bc^{-1}_{Lis} / bc^{-1}_{AAL}$

Considerações finais

Neste sentido, a base teórica dos estudos de determinação de exigências nutricionais de frangos de corte de crescimento lento é fundamentada nas exigências de frangos de corte industriais. Mas, essas estimativas não devem ser utilizadas entre elas, devido ao tipo de potencial genético dessas aves. Há uma divergência entre os resultados de pesquisas com essas linhagens, tornando-se necessário avaliar as exigências nutricionais para melhor expressar o seu potencial genético. Os programas de alimentação em fase são extremamente importantes para garantir o melhor

aproveitamento dos nutrientes. Predizer o desempenho das aves com características de crescimento lento submetidas a diferentes condições alimentares e de manejo ou mesmo de diferentes linhagens é um problema para a criação avícola.

A aplicação da modelagem na determinação de exigências nutricionais para frangos de corte, deve levar em consideração as respostas fisiológicas dos animais, pois elas são os resultados da interação entre a ave, ambiente e dieta e a continuação em pesquisas que aprimorem neste sentido são importantes para o avanço dos modelos tanto linear como não linear. As determinações das exigências de aminoácidos sofrem influência direta do modelo utilizado na descrição das respostas e dos critérios adotados para estabelecimento do nível ótimo e que o modelo mais adequado vai variar com o objetivo desejado.

Referências Bibliográficas

ALBINO, L.F.T; VARGAS JR., J.G.; SILVA, J.H.V. Criação de frango e galinha caipira - avicultura alternativa. Viçosa: Aprenda Fácil, 110p. 2001.

ALETOR, V.A.; HAMID, I.; NIES, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies nutrient utilization. *Journal Science Food Agriculture*, v.80, p.547-554, 2000.

ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA, O.M.; ARAÚJO, C.S.S. Redução do nível proteico da dieta, através da formulação baseada em aminoácidos digestíveis. *Ciência Rural*, v. 34, n. 4, p. 1197-1201, 2004.

ATENCIO, A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; OLIVEIRA, J.E.; VIEITES, F.M.; DONZELE, J.L. Exigências de Treonina para Frangos de Corte Machos nas Fases de 1 a 20, 24 a 38 e 44 a 56 Dias de Idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.4, p.880-893, 2004.

BARBOSA FILHO, J. A. D.; SILVA, I.J.O.; SILVA, M.A.N.; SILVA, C.J.M. Avaliação dos comportamentos de aves poedeiras utilizando sequência de imagens. Engenharia Agrícola, v.27, n.1,p.93-99, 2007.

BOOMGARDT, J.; BAKER, D.H. Effect of dietary energy concentration on sulfur amino acid requirement and body composition of young chicks. Journal of Animal Science, v.36, p.307-311, 1973.

CONEGLIAN, J. L. B.; VIEIRA, S. L.; BERRES, J.; FREITAS, D. M. Responses of fast and slow growth broilers fed all vegetable diets with variable ideal protein profiles. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.2, p.327-334, 2010.

COSTA, F. G. P.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T. et al. Níveis dietéticos de proteína bruta para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.5, p.1498-1515, 2001.

CUARÓN, J.A. BUTOLO, J.E.; JUNQUEIRA, O.M. et al. Proteína Ideal en la Alimentación de Cerdos: Aspectos Prácticos. In: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Aves e Suínos. Campinas: CBNA, p.197-220. 2000.

DORIGAM, J.C.P.; SAKOMURA, N.K.; HAUSCHILD, L; SILVA, E.P.D.; PALMA-BENDEZU, H.C.; FERNANDES, J.B.K. Reevaluation of the digestible lysine requirement for broilers basedo n genetic potential. Scientia Agricola (USP.Impresso) 71, 195–203. 2014.

DOURADO, L. R. B.; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D. C. N.; DORIGAM, J.C.; MARCATO, S. M.; FERNANDES, J. B. K. Crescimento e desempenho de linhagens de aves pescoço pelado criadas em sistema semi-confinado. Ciência Agrotecnologia, Lavras, vol.33, n.3, p. 875-881, 2009.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Planejamento experimental em avicultura e interpretação de resultados. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E

TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2002, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, p.117-133. 2002.

FERREIRA, C. B. Redução da proteína bruta da ração de frangos de corte tipo caipira. Diamantina, MG, UFVJM, 53p, 2013.

FIGUEIREDO, E.A.P.; AVILA, V.S.; BRUM, P.A.R. et al. Frango de corte colonial. Concórdia: EMBRAPA CNPSA, 8p.1 folder. (Documentos, 41). 2000.

GARCÍA-VAO, A.O. Ell pollo Label. In: simpósio científico, 1994, Pamplona. Anais. Pamplona: The World Poultry Science Association, v. 31, p. 39-54, 1994.

GLOBOAVES. Manual de Manejo linha colonial. Fevereiro, 2011.

HAN Y, BAKER DH. Lysine requirement of fast and slow growing broiler chicks. Poultry Science; 70:2108-2114. 1991.

HELLMEISTER FILHO, P.; MENTEN, J. F. M.; SILVA, M. A. N.; COELHO, A. A. D.; SAVINO, V. J. M. Efeito de genótipo e do sistema de criação sobre o desempenho de frangos tipo caipira. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1883-1889, 2003.

JENSEN, L.S. Concepts of amino acid and protein nutrition in poultry. In: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.99-108. 1990.

KALINOWSKI, A. et al. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering male broilers from zero to three weeks of age. Poultry Science, v.82, p.1423-1427, 2003a.

KALINOWSKI, A. et al. Methionine and cystine requirements of slow- and fast-feathering male broilers from three to six weeks of age. Poultry Science, v.82, p.1428-1437, 2003b.

LEANDRO, N.S.M. CAFÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H.; MORAES FILHO, R.; MOURA, K. A.; SILVA JÚNIOR, R. P. Plano nutricional com diferentes níveis de proteína bruta e energia metabolizável na ração, para frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.3, p.620-631, 2003.

MADEIRA, L. A.; SARTORI, J. R.; ARAUJO, P. C.; PIZZOLANTE, C.C.; SALDANHA, É. S. P. B.; PEZZATO, A. C. Avaliação do desempenho e do rendimento de carcaça de quatro linhagens de frangos de corte em dois sistemas de criação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.10, p.2214-2221, 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BRASIL. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal/ divisão de operações industriais. Ofício Circular DOI/DIPOA nº 02/2012 de 01/02/2012. Registro do Produto “Frango Caipira ou Frango Colonial” ou “Frango Tipo ou Estilo Caipira” ou “Tipo ou Estilo Colonial”. Brasília, DF: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2012.

MENDONÇA, M. O.; SAKOMURA, N. K.; SANTOS, F. R.; FREITAS, E. R.; FERNANDES, J. B. K.; BARBOSA, N. A. A. Níveis de energia metabolizável para machos de corte de crescimento lento criados em semiconfinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.8, p.1433-1440, 2008.

NASCIMENTO, D.C. N.; SAKOMURA, N.K.; SIQUEIRA, J.C. et al. Exigências de lisina digestível para aves de corte da linhagem ISA Label criadas em semiconfinamento. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.61, n.5, p.1128-1138, 2009a.

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, p.869-878, 2009b.

NRC - National Research Council, Nutrient requirements of poultry, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OLIVEIRA, H. G.; CARRIJO, A.S.; KIEFER, C.; GARCIA, E.R.M.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, J.B.; FREITAS, L.N.; HORING, S.F. Lisina digestível em dietas de baixa proteína para frangos de corte tipo caipira de um aos 28 dias Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.65, n.2, p.497-504, 2013.

OLIVEIRA, R. G. Lisina digestível para frangos de corte tipo caipira. Diamantina: UFVJM, 58 p. 2013.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. Anais... Maringá: SBZ, p.120-128. 1994.

PINHEIRO, S.R.F.; SAKOMURA, N.K.; NAGIB NASCIMENTO, D.C.; DOURADO, L.R.; FERNANDES, J. B. K.; THOMAZ, M.C. Níveis nutricionais de fósforo disponível para aves de corte ISA Label criadas em semiconfinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 40, n. 2, p. 361-369, 2011.

QUENTIN, M. et al. Effects of crude protein and lysine contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial broilers from 42 to 77 days of age. Animal Research 54, 113-122, 2005.

RADEMACHER, M. Por qué es importante considerar la proporción "mínima" de metionina sobre metionina + cistina total en las dietas de cerdos? Amino News, v.1, n.1, p.7-10, 2001.

ROSA, E. P. M.; CHARLES, K.; SOUZA, K. M. R.; SILVA, J. B.; OZELAME, A. M.; GOMES, E. N. O.; ROSA, R. A. Níveis de lisina digestível para frangos de corte tipo caipira de 28 a 56 dias de idade. Revista brasileira de saúde e produção animal. vol.15 no.4 Salvador. Oct./Dec. 2014.

ROSTAGNO, H.S. et al. Composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos: tabelas brasileiras. Viçosa: UFV, 141 p. 2000.

ROSTAGNO, H.S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p. 2007.

SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. Poultry Science 85, 1421–1429. doi:10.1093/ps/85.8. 1421. 2006a.

SAMADI; LIEBERT, F. Modeling of threonine requirement in fast-growing chickens, depending on age, sex, protein deposition, and dietary threonine efficiency. Poultry Science 85, 1961–1968. 2006b.

SAMADI; LIEBERT, F. Lysine requirement of fast growing chickens – effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. The Journal of Poultry Science 44, 63–72. 2007a.

SAMADI & LIEBERT, F. Threonine requirement of slow-growing male chickens depends on age and dietary efficiency of threonine utilization. Poultry Science. 1140 - 1148. 2007b.

SAMADI.; LIEBERT, F. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. British Poultry Science 49, 45–54. 2008.

SANTOS, A. L.; SAKOMURA, N. K.; FREITAS, E. R.; FORTES, C. M. L. S.; CARRILHO, E. N. V. M.; FERNANDES, J. B. K. Estudo do Crescimento, Desempenho, Rendimento de Carcaça e Qualidade de Carne de Três Linhagens de Frango de Corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, n.5, p 1589-1598, 2005.

SANTOS, M. W.; RIBEIRO, A. G. P.; CARVALHO, L. S. Criação de galinha caipira para produção de ovos em regime semi-intensivo - Niterói : Programa Rio Rural, 2009.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; ARAÚJO, J. A.; HAUSCHILD, L.; MALHEIROS, E. B.; DORIGAM, J. C. P. Description of the potential for nitrogen retention in pullets by different methodologies: maximum deposition and estimates of intake of methionine + cystine. *Ciência Rural* 43, 2070–2077. 2013.

SIQUEIRA, J. C.; SAKOMURA, N. K.; NASCIMENTO, D. C. N.; FERNANDES, J. B. K. 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.

TAKAHASHI, S.E.; MENDES, A. A.; SALDANHA, E.S.P.B.; PIZZALANTE, C. C.; PELÍCIA, K.; GARCIA, R.G.; PAZ, I.C.L.A.; QUINTEIRO, R.R. Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte tipo colonial. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.58, p.624-632, 2006.

THONG, H. T.; LIEBERT, F. Amino acid requirement of growing pigs depending on amino acid efficiency and level of protein deposition 1st communication: lysine. *Archives of Animal Nutrition* 58, 69 –87. 2004.

VASCONCELLOS, C.H.F.; FONTES, D.O.; LARA, L.J.C.; VIDAL, T.Z.B.; SILVA, M.A.; SILVA, P.C. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. vol.63. no.3. Belo Horizonte. 2011.

ZANUSSO, J.T.; DIONELLO, N.J.L. Produção Avícola Alternativa- Análise dos fatores qualitativos da carne de frangos de corte tipo caipira. Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 9, n. 3, p. 191-194, 2003.

WARNICK, R.E.; ANDERSON, J.O. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of the essential amino acids. *Poultry Science*, v.47, p.281-287, 1968.

Capítulo 2

Modelagem da deposição de nitrogênio e exigência de lisina para frango Redbro plumé

33 **Modeling of nitrogen deposition and lysine requirement for**
34 **chicken Redbro Plumé**

35
36

37 **Abstracts.** The aim of this study was to determine the coefficients of the Goettingen
38 model for Redbro plumé birds and estimate the digestible lysine requirements. To
39 determine the model parameters, three nitrogen (N) balance trials were performed in the
40 periods I (14-28), II (42-56) and III (70-84 days), using 42 birds per trial. The birds
41 were individually housed and subjected to six diets with increasing levels of nitrogen
42 with lysine as the limiting amino acid (deficient in 20% in relation to others amino
43 acids). Nitrogen levels were 8, 16, 24, 32, 40 and 48 g/kg. A control diet was added to
44 confirm lysine as the first limiting amino acid. Nitrogen balance trials were divided into
45 five days of adaptation and two periods of excreta collection, each one with five days.
46 The response of the birds to control diet confirmed that lysine was the first limiting
47 amino acid. The adjustment of the exponential functions between nitrogen retention or
48 excretion and nitrogen intake allowed estimating parameters of Goettingen model. The
49 maximum potential for nitrogen retention was 3276, 2585 and 2603 mg/BW_{kg}^{0.67}.day,
50 nitrogen maintenance requirement was 225, 135 and 122 mg/BW_{kg}^{0.67}.day and
51 efficiency of nitrogen utilization was 313×10⁻⁶, 406×10⁻⁶ and 415×10⁻⁶ in the phases of
52 14-28, 42-56 and 70-84 days. The digestible lysine intake for periods I, II and III, based
53 on 60% of the maximum potential for nitrogen retention, was 711, 989 and 1272
54 mg/day (1.225, 1.137 and 1.09 % of lysine in the diet for a daily feed intake of 58, 87
55 and 117 g/day), respectively.

56

57 **Keywords:** amino acid, genetic, metabolism, protein

58

59

60

61

62

63

64

65 **Introdução**

66 A genética das aves tem vindo a melhorar constantemente as características
67 produtivas das linhagens. Para as aves em crescimento, os ganhos genéticos estão
68 relacionados com a curva de crescimento e deposição de proteína (GOUS et al., 1999), e
69 nutricionistas devem reavaliar as exigências nutricionais para fornecer as condições
70 ideais para o crescimento da ave (DORIGAM et al., 2014).

71 Um modelo matemático desenvolvido na Universidade de Goettingen tem sido
72 usada para calcular as exigências de aminoácidos (AA) para as aves em crescimento
73 (SAMADI & LIEBERT 2006, 2007, 2008; SILVA et al., 2013; DORIGAM et al.,
74 2014). O modelo considera três parâmetros com significado biológico que são
75 relativamente fáceis de medir e atualizar. O máximo teórico de retenção de nitrogênio
76 (NR_{maxT}) e requerimento de manutenção de nitrogênio (NMR) são parâmetros específicos
77 para cada linhagem de aves (SAMADI & LIEBERT 2006, 2007, 2008). O terceiro
78 parâmetro é a eficiência da proteína (b) ou a utilização de aminoácidos (bc^{-1}), que estão
79 relacionadas com a qualidade da proteína dietética (SAMADI & LIEBERT 2006, 2007,
80 2008).

81 O modelo de Goettingen sugere que fatores dietéticos não afetam a estimativa de
82 NR_{maxT} e NMR (SAMADI & LIEBERT 2006, 2007, 2008). Isso torna possível
83 determinar os três parâmetros do modelo no mesmo experimento de balanço de
84 nitrogênio (THONG & LIEBERT 2004a, 2004b), com níveis crescentes de proteína na
85 dieta. A eficiência de utilização de aminoácidos é obtida a partir da limitação do
86 aminoácido no perfil de proteínas a serem avaliadas. A concentração e a disponibilidade
87 dos aminoácidos essenciais na proteína dietética definem a qualidade da proteína. Isto
88 está diretamente relacionado com a síntese de proteínas do corpo, melhorando assim o
89 desempenho da ave.

90 Devido à simplicidade do método Goettingen para obter os parâmetros do
91 modelo, é possível aplicar o método para estimar as exigências de aminoácidos para
92 aves caipiras. A Redbro Plumé é uma linhagem que apresenta características desejáveis
93 como um crescimento lento e robustez. Esta linhagem foi disseminada no Brasil por sua
94 capacidade de produzir carne com excelente desenvolvimento do peito. Ela tem
95 atributos distintos sobre a qualidade da carne como textura consistente e cor da carne
96 acentuada em comparação com as linhagens industriais de frango, atendendo a
97 consumidores que preferem estas características na carcaça. Assim, é necessário

98 caracterizar o genótipo para definir os requisitos de aminoácidos da linhagem que
99 recomende as condições ideais para a criação de aves. Com base nisso, esta pesquisa foi
100 realizada com o objetivo de determinar os coeficientes do modelo de Goettingen para
101 Redbro plumé e estimar as exigências de lisina digestível nas fases de crescimento, as
102 taxas de deposição de proteína e o consumo de ração.

103

104 **Material e Métodos**

105 O experimento foi conduzido no Laboratório de digestibilidade de não
106 ruminantes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de
107 Pernambuco, Brasil. Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comitê de
108 Ética e Biossegurança, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil, de acordo
109 com o número de protocolo 23082-019795 / 2012.

110 Foram realizados três ensaios de balanço de nitrogênio (N) utilizando frangos da
111 linhagem Redbro plumé machos com peso corporal iniciais (PC) respectivamente de
112 $302 \pm 10\text{g}$, $894 \pm 70\text{g}$ e $1835 \pm 100\text{g}$ nos períodos de 14 a 28 dias (I), de 42 a 56 dias
113 (II), e 70 a 84 dias (III). As aves foram alojadas em uma sala de metabolismo com
114 temperatura, luz e ventilação controladas para proporcionar um ambiente termoneutro
115 para as aves durante cada período. A temperatura média dos períodos foram 26°C , 25°C
116 e 24°C e a umidade relativa 71%, 66% e 67% para fase inicial, crescimento e final,
117 respectivamente. As gaiolas foram equipadas com comedouros e bebedores individuais.
118 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com seis tratamentos e um
119 tratamento controle. Foram seis repetições, cada um com uma ave, totalizando 42 aves
120 por período.

121 Inicialmente duas dietas basais foram formuladas, uma dieta concentrada com
122 altos níveis de nitrogênio (N6, 48 g/kg) e uma dieta livre de nitrogênio (N0). Ambas,
123 cumpriram as recomendações nutricionais mínimas sugeridas pelos diretrizes para
124 frangos Redbro plumé (GLOBOAVES, 2011) para o período, com exceção de proteínas
125 e aminoácidos. A dieta N6 foi formulada com um excesso relativo de todos os
126 aminoácidos, no entanto, com uma deficiência relativa de 20% de lisina em relação aos
127 outros aminoácidos.

128 As dietas experimentais foram formuladas pela técnica de diluição, obtidos a
129 partir de diluições sucessivas do maior N6 com N0, como mostrado nas Tabelas 1 e 2.
130 As proporções de N6 e dietas N0 utilizados na formulação das dietas experimentais
131 foram, respectivamente: 17:83 para N1, 33:67 para N2, 50:50 para N3, 67:33 para N4,

132 83:17 para N5, e 100:0 para N6. Assim, os níveis de N e lisina gerados pela técnica de
 133 diluição em Período I foram: 8 e 2,88 (N1), 16 e 5,76 (N2), 24 e 8,65 (N3), 32 e 11,5
 134 (N4), 40 e 14,4 (N5), e 48 e 17,3 g/kg (N6), respectivamente. Para o Período II, os
 135 níveis de N e lisina foram: 8 e 2,7 (N1), 16 e 5,4 (N2), 24 e 8,1 (N3), 32 e 10,7 (N4), 40
 136 e 13,4 (N5), e 48 e 16,1 g/kg (N6), respectivamente. Para o período III, os níveis de N e
 137 lisina foram: 8 e 2,71 (N1), 16 e 5,41 (N2), 24 e 8,12 (N3), 32 e 10,8 (N4), 40 e 13,5
 138 (N5) e 48 e 16,2 g/kg (N6), respectivamente. Para confirmar se as respostas das aves
 139 foram devido à limitação de lisina, foi colocado um tratamento controle (N7) de cada
 140 período, a adição de 2,88g, 2,68g e 2,69 g de L-lisina HCl (78%), na dieta N1 para
 141 inicial, crescimento e final, respectivamente.

142

143 Tabela 1. Composição das dietas experimentais

Ingredientes	Rações					
	Inicial		Crescimento		Final	
	N6	N0	N6	N0	N6	N0
Farelo de soja	60,86	-	60,88	-	61,68	-
Milho	23,60	-	24,00	-	20,00	-
Amido	-	59,99	-	63,00	-	63,00
Açúcar	1,93	15,00	1,93	15,00	7,30	15,00
Casca de arroz	2,74	12,34	1,19	9,23	-	9,23
Óleo de soja	6,50	1,81	8,06	2,31	8,22	3,44
Fosfato bicálcico	1,36	2,16	1,25	2,05	0,56	1,35
Calcário	1,36	1,25	1,17	1,05	0,82	0,71
Sal comum	0,41	0,45	0,41	0,45	0,36	0,40
DL-Metionina	0,47	-	0,44	-	0,46	-
L-Treonina	0,40	-	0,07	-	0,30	-
Suplemento vitamínico ¹	0,12	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ²	0,10	0,10	0,50	0,50	0,50	0,50
Cloreto de colina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto de potássio	-	0,90	-	0,88	-	0,87
Inerte	-	5,73	-	5,73	-	5,69
Antioxidante	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

144 ¹Conteúdo/kg: Ácido fólico (mín) = 500mg; ácido pantotênico (mín) = 13.5mg; niacina (mín) = 30g;
 145 selênio (mín) – 250mg; vitamina A (mín) = 10.000.000UI; vitamina B1 (mín) = 1.880 mg; vitamina B12
 146 (mín) = 10.000mg; vitamina B2 (mín) = 5.000mg; vitamina B6 (mín) = 2.000 mg; vitamina D3 (mín) =
 147 2.000.000 UI; vitamina E (mín) = 20.000 UI; vitamina K3 = 4.000 mg; xilanase (mín) = 7.500UI. Veículo
 148 q.s.q 1.000g. ² Conteúdo/kg: Manganês = 75.000mg; ferro = 50.000mg; Iodo = 1.500mg; Zinco =
 149 70.000mg; cobre = 8.500 mg; cobalto = 200mg

150

151 Durante o ensaio de balanço de nitrogênio, as aves passaram por um período de
 152 adaptação de cinco dias em que a oferta foi controlada com base no consumo individual
 153 de cada tratamento. Após esse período, a coleta total de excretas foi dividida em dois
 154 períodos de cinco dias cada, conforme recomendado pelo SAMADI & LIEBERT

155 (2006). As excretas foram recolhidas uma vez por dia, e imediatamente armazenados
 156 em sacos de plástico adequadamente rotulados e congelado -20 ° C para análise
 157 posterior.

158 As amostras de excretas de cada tratamento, foram descongelados e
 159 homogeneizados, pré-seca a 65°C durante 72 horas na estufa de ventilação forçada.
 160 Posteriormente, as amostras foram trituradas no moinho com crivo de 1 mm. Alimento e
 161 excretas foram analisadas quanto matéria seca e teor de nitrogênio total pelo método de
 162 Kjeldahl (AOAC, 2005). Foi utilizado fator de correção de 6,25 para converter os
 163 valores de nitrogênio para proteína bruta.

164

165 Tabela 2 – Composição nutricional das dietas experimentais

	Dietas					
	N6	N5	N4	N3	N2	N1
	Período I (14– 28 dias)					
EMAn, kcal/kg	2850	2850	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta, %	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00
Cálcio, g/kg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sódio, g/kg	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Fósforo disponível, g/kg	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Potássio, g/kg	1,18	1,06	0,94	0,83	0,71	0,59
Fibra bruta, g/kg	4,72	4,75	4,78	4,80	4,83	4,86
	Período II (29– 56 dias)					
EMAn, kcal/kg	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Proteína bruta, %	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00
Cálcio, g/kg	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Sódio, g/kg	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
Fósforo disponível, g/kg	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Potássio, g/kg	1,18	1,06	0,94	0,82	0,70	0,58
Fibra bruta, g/kg	4,11	4,04	3,96	3,88	3,81	3,73
	Período III (70– 84 dias)					
EMAn, kcal/kg	3100	3100	3100	3100	3100	3100
Proteína bruta, %	30,00	25,00	20,00	15,00	10,00	5,00
Cálcio, g/kg	1,00	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Sódio, g/kg	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Fósforo disponível, g/kg	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Potássio, g/kg	1,18	1,06	0,94	0,82	0,70	0,58
Fibra bruta, g/kg	3,62	3,62	3,63	3,63	3,64	3,65

166

167 Os dados dos ensaios de balanço de nitrogênio foram analisados no programa
 168 estatístico SAS (2009), usando o procedimento PROC NLIN para ajustar as funções
 169 exponenciais. O método para ajustar o conjunto de dados foi o de Levenberg-
 170 Marquardt. A exigência de manutenção de nitrogênio (NMR, mg/ PC_{kg}^{0,67}) em cada
 171 período foi obtida por regressão exponencial entre a excreção de nitrogênio (NEX, mg/

172 PC_{kg}^{0.67}) e ingestão de nitrogênio (NI, mg/PC_{kg}^{0.67}), considerando o valor que intercepta
173 o eixo do Y quando NI = 0, de acordo com a equação 1 (SAMADI & LIEBERT, 2007):

174

$$175 \quad \text{NEX} = \text{NMR} \times e^{b \times \text{NI}} \quad (1)$$

176

177 Onde b é o declive da curva exponencial, e é o número de base do logaritmo
178 natural (ln). O balanço de nitrogênio ou a deposição de nitrogênio (ND, mg/PC_{kg}^{0.67}) foi
179 calculado pela diferença entre NI e NEX (ND = NEX - NI).

180 Pela relação entre a ingestão de nitrogênio (NI) e retenção (NR), os valores de
181 retenção máxima de nitrogênio (NR_{max}T, mg/PC_{kg}^{0.67}) foram estimados pela seguinte
182 função exponencial:

183

$$184 \quad \text{NR} = \text{NR}_{\text{max}}\text{T} \times (1 - e^{-b \times \text{NI}}) \quad (2)$$

185

186 Usando valores NR_{max}T e NMR, o valor esperado para a deposição máxima de
187 nitrogênio (ND_{max}T, mg/PC_{kg}^{0.67}) foram calculadas pela equação 3:

188

$$189 \quad \text{ND}_{\text{max}}\text{T} = \text{NR}_{\text{max}}\text{T} - \text{NMR} \quad (3)$$

190

191 Para obter a deposição máxima diária de proteína (PD_{max}T, mg/PC_{kg}^{0.67}) o valor
192 do ND_{max}T foi multiplicado por 6,25. Para estimar a necessidade de lisina, o primeiro
193 passo foi modificar a equação (2) transformando-a para log para determinar o parâmetro
194 b, que é usada como avaliação de proteína para alimentação animal. O valor de b é
195 calculado pela seguinte equação proposta por SAMADI & LIEBERT (2007):

196

$$197 \quad b = [\ln \text{NR}_{\text{max}}\text{T} - \ln(\text{NR}_{\text{max}}\text{T} - \text{NR})] / \text{NI} \quad (4)$$

198

199 Onde b é a taxa de crescimento da função exponencial e indica a qualidade da
200 proteína dietética, independentemente da ingestão de nitrogênio. Usando estes
201 parâmetros, a relação entre a qualidade de proteína na dieta (b) com a concentração do
202 aminoácido limitante para a proteína na dieta (c, g AA/16g N), é possível estimar a
203 eficiência de utilização do aminoácido limitante, representado por bc⁻¹. O valor de bc⁻¹
204 (x10⁻⁶) é representada pela inclinação entre a qualidade de proteína na dieta (b) e a
205 concentração do aminoácido limitante (c) fornecida na dieta. Assim, a ingestão de

206 aminoácido limitante (LAAI) na dieta pode ser obtido pela equação proposta por
207 SAMADI & LIEBERT (2007):

208

$$209 \quad \text{LAAI} = [\ln \text{NR}_{\max} \text{T} - \ln (\text{NR}_{\max} \text{T} - \text{NR})] / 16 \times bc^{-1} \quad (5)$$

210

211 Onde LAAI é a redução do consumo de aminoácido ($\text{mg}/\text{PC}_{\text{kg}}^{0.67}$) dependente do
212 desempenho (NR e $\text{NR}_{\max} \text{T}$) e bc^{-1} é a eficiência da utilização do aminoácido limitante.
213 Para modelar as exigências de lisina em diferentes situações de desempenho foi
214 considerado 50, 60 e 70% dos $\text{NR}_{\max} \text{T}$ estimada para cada período, usando a equação 5.

215

216 **Resultados e discussão**

217 Os resultados obtidos para o consumo de matéria seca (MS), peso corporal (PC),
218 nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado (NEX) e nitrogênio depositado (ND) são
219 mostrados na Tabela 3. Os níveis de N utilizadas neste estudo forneceram respostas que
220 permitiu a estimativa dos coeficientes do modelo de Goettingen e sua aplicação para
221 calcular o consumo e a concentração de lisina digestível para frangos de corte Redbro
222 plumé.

223 A resposta obtida no tratamento controle (N7) permite inferir que as respostas
224 das dietas testadas tiveram lisina como o primeiro aminoácido limitante, visto que foi
225 observada uma redução média de 9% na NEX e um aumento de 6% no ND quando
226 comparado com as respostas obtidas pelas aves submetidas ao tratamento N1. A
227 suplementação de lisina no tratamento controle (N7) melhorou a eficiência de utilização
228 do nitrogênio em relação ao tratamento N1, e essas respostas são mais evidentes no
229 período III (70-84 dias), quando observou-se uma redução de 8% no NEX e um
230 aumento de 8% em comparação com ND as respostas obtidas no tratamento N1. A
231 suplementação de lisina no tratamento de controle (N7) melhorou eficiência de
232 utilização de N em relação ao tratamento N1. De acordo com estudos anteriores
233 (FISHER & MORRIS, 1970; GOUS & MORRIS, 1985) esse resultado valida o estudo
234 para a eficiência de utilização de lisina e respalda o procedimento utilizado nesta
235 pesquisa.

236 A relação entre a ingestão de nitrogênio utilizado para deposição (ND/NI)
237 apresentou uma forma curvilínea com valores mínimos para os níveis equidistantes de
238 nitrogênio dietético. A razão média de ingestão de nitrogênio utilizado para a deposição
239 foi de 0,65.

241 Tabela 3 – Médias do peso corporal (PC, g), consumo de matéria seca (CMS, g / dia),
 242 ingestão de nitrogênio (NI, mg/PC_{kg}^{0,67}), a excreção (NEX, mg/PC_{kg}^{0,67}) e deposição
 243 (ND, mg/PC_{kg}^{0,67}), de acordo com os níveis de nitrogênio na dieta nos três períodos
 244 avaliados

	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7
	Período I – 14 a 28 dias						
PC (g)	348	436	508	560	572	562	370
CMS (g/d)	42,2	45,95	50,0	52,6	52,3	52,1	41,5
NI	722	1290	1897	2478	3050	3714	674
NEX	366	341	513	867	1173	1691	282
ND	367	949	1384	1610	1877	2022	392
ND/NI ¹	0,51	0,74	0,73	0,65	0,62	0,54	0,58
	Período II – 42 a 56 dias						
PC (g)	1032	1138	1219	1311	1287	1221	989
CMS (g/d)	66	68	75	81	79	73	67
NI	569	928	1508	2289	2694	3041	589
NEX	227	318	500	748	1051	1720	235
ND	342	609	1008	1540	1643	1321	354
ND/NI ¹	0,60	0,66	0,67	0,67	0,61	0,61	0,60
	Período III – 70 a 84 dias						
PC (g)	1607	1756	1900	1988	2085	2093	1433
CMS (g/d)	96	101	105	106	110	110	79
NI	614	1099	1606	2164	2715	3197	542
NEX	238	288	440	654	985	1123	174
ND	375	811	1166	1510	1730	2073	368
ND/NI ¹	0,69	0,74	0,73	0,70	0,64	0,65	0,73

245 ¹ND/NI relação da ingestão de nitrogênio para a deposição (ND/NI).

246

247 As equações obtidas para NEX como uma função de NI foram:

248

249
$$\text{NEX (01- 28 dias)} = 225 \times e^{0,0005 \times \text{NI}} \quad (6)$$

250
$$\text{NEX (29 - 56 dias)} = 135 \times e^{0,0008 \times \text{NI}} \quad (7)$$

251
$$\text{NEX (57-84 dias)} = 122 \times e^{0,000769 \times \text{NI}} \quad (8)$$

252

253 Para cálculo o parâmetro NMR foi considerado o valor de NEX quando NI é
 254 igual a zero. Assim, os valores de NMR estimados foram 225, 135 e 122 mg/ PC_{kg}^{0,67}. O
 255 valor médio de NMR para a linhagem Redbro plumé foi de 160 mg / PC_{kg}^{0,67}.

256 As equações obtida por NR como uma função de NI foram:

257

258
$$NR (14 - 28 \text{ dias}) = 3276 \times (1 - e^{(-0,000313 \times NI)}) \quad (9)$$

259
$$NR (42 - 56 \text{ dias}) = 2585 \times (1 - e^{(-0,000406 \times NI)}) \quad (10)$$

260
$$NR (70 - 84 \text{ dias}) = 2603 \times (1 - e^{(-0,000415 \times NI)}) \quad (11)$$

261

262 O valor médio de 160 mg/ PC_{kg}^{0.67}.dia para o parâmetro NMR pode ser proposta
263 para uso "prático" nos modelos. Este valor representa a quantidade de N que as aves
264 devem consumir minimamente para compensar as perdas metabólicas inevitáveis que
265 são independentes da ingestão (SAMADI & LIEBERT, 2006). O valor encontrado neste
266 estudo foi próximo ao de 163 mg/ PC_{kg}^{0.67}.dia encontrada para as aves de crescimento
267 lento da linhagem Hubbard ISA (SAMADI & LIEBERT 2007). Analisando a
268 similaridade na NRM e a relação da NI para deposição de SAMADI & LIEBERT
269 (2007) e os obtidos no presente estudo, foi possível observar que as aves Redbro plumé
270 foram mais eficiente na utilização do N, considerando que os valores ND_{max}T obtidos
271 para as aves Redbro foram maiores do que os relatados por estes autores.

272 Os valores calculados para ND_{max}T considerando ND_{max}T = NR_{max}T - NMR
273 foram de 3051, 2450 e 2481 mg/PC_{kg}^{0.67} para aves Redbro plumé nos períodos I (14-28
274 dias), II (42-56 dias) e III (70-84 dias), respectivamente. Devido à semelhança entre os
275 valores ND_{max}T nos últimos dois períodos , foi considerado o valor médio de 2,465
276 mg/PC_{kg}^{0.67} para ND_{max}T. Com base nas equações 4, 5 e 6, o valor de b para cada nível
277 de nitrogênio foi calculado. Considerando os valores de b e c, nos três primeiros níveis
278 (8, 16 e 24 g/kg), que estava limitando a lisina, o bc⁻¹ apresentaram os valores de 53
279 ×10⁻⁶, 68,1 ×10⁻⁶, e 77,2 ×10⁻⁶ para os períodos I (14-28 dias), II (42-56 dias) e III (70-
280 84 dias), respectivamente. Foi encontrado a maior diferença nos valores ND_{max}T entre o
281 primeiro e segundo período (601 mg/ PC_{kg}^{0.67}.dia). A diferença de outros períodos
282 (crescimento e final) foi de 31 mg/ PC_{kg}^{0.67}.dia para ND_{max}T.

283 Estas proximidades entre os valores sugerem que os frangos Redbro plumé no
284 período de 29 a 84 dias têm o mesmo limite teórico de deposição de nitrogênio no
285 corpo. No entanto, a eficiência de utilização de aminoácidos é diferente. Há um
286 aumento na eficiência de utilização com o avançar da idade das aves. Esta diferença
287 ocorre por causa do parâmetro de bc⁻¹, que representa não apenas a eficácia da
288 utilização da ração, mas também do estado fisiológico do animal. Os resultados para bc⁻¹
289 encontrado no presente estudo estão de acordo com a teoria proposta pelo modelo de
290 Goettingen, que foi testado e validado por outros pesquisadores (SAMADI & LIEBERT
291 2006, 2007, 2008; SILVA et al., 2013; DORIGAM et al., 2014).

292 Em relação aos resultados da literatura, pensa-se que a deposição de nitrogênio
 293 durante o crescimento é um equilíbrio entre a síntese e a degradação. Os resultados do
 294 presente estudo contribuem para sustentar a hipótese de que esse fenômeno (síntese e
 295 degradação) são influenciados pela idade (RIMBACH & LIEBERT, 1999), sexo
 296 (SEBASTIAN et al., 1997), o genótipo (FATUFE et al., 2004), nutrição (ÇİFTÇİ &
 297 CEYLAN, 2004) e melhoramento genético de aves (SCHADEREIT et al., 1998).

298 A caracterização do genótipo com parâmetros (NR_{maxT} , NMR e bc^{-1}), que nos
 299 permite interpretar o metabolismo do nitrogênio da ave, são importantes para outras
 300 aplicações do modelo, incluindo a modelagem de exigência dos aminoácidos. O
 301 procedimento feito neste estudo para modelar a exigência de lisina considerando
 302 diferentes taxas de deposição de nitrogênio e consumo de ração (Tabela 4), é um
 303 procedimento válido para estimar as exigências de lisina.

304 Para a aplicação do modelo e estimar a ingestão de lisina (iLys) e concentração
 305 na dieta ideal de lisina (cLys), as variáveis de entrada dos modelos foram peso vivo
 306 (PV), NR, e CR e a saída são iLys e cLys. Supõe-se que o animal não possa alcançar
 307 NR_{maxT} , devido a fatores tais como o ambiente e dieta limitante. Para ajustar as
 308 condições práticas de desempenho foi considerado 50, 60 e 70% do valor NR_{maxT} . Para
 309 CR foi considerado o valor médio experimental e para a variação de simulação foi
 310 adotado $\pm 10\%$. Para PV foram considerados o peso médio de 0,479 no período I (14-28
 311 dias), 1171 no período II (42-56 dias) e 2071 no período III (70-84 dias). O NR foi
 312 obtido considerando diferentes porcentagens de ND_{maxT} ($NR = \% \times ND_{maxT} + NMR$).
 313 O NR_{maxT} , NMR e bc^{-1} parâmetros do mesmo período foram constantes no modelo. Os
 314 modelos obtidos para calcular o consumo de lisina ($mg/PC_{kg}^{0.67} \cdot dia$) e concentração na
 315 dieta (%) foram os seguintes:

316

$$317 \quad iLys (14-28 \text{ dias}) = [\ln (3276) - \ln (3276 - NR)] / 16 \times 53 \times 10^{-6} \quad (12,1)$$

$$318 \quad cLys (14-28 \text{ dias}) = [(iLys \times PV_{kg}^{0.67}) / CR] \times 100 \quad (12,2)$$

$$319 \quad iLys (42-56 \text{ dias}) = [\ln (2585) - \ln (2585 - NR)] / 16 \times 68,1 \times 10^{-6} \quad (13,1)$$

$$320 \quad cLys (42-56 \text{ dias}) = [(iLys \times PV_{kg}^{0.67}) / CR] \times 100 \quad (13,2)$$

$$321 \quad iLys (57-84 \text{ dias}) = [\ln (2603) - \ln (2603 - NR)] / 16 \times 77,2 \times 10^{-6} \quad (14,1)$$

$$322 \quad cLys (57-84 \text{ dias}) = [(iLys \times PV_{kg}^{0.67}) / CR] \times 100 \quad (14,2)$$

323

324 Com base nos modelos, os iLys para 50% de ND_{maxT} foi calculado como 1164,
 325 890 e 781 $mg/ PC_{kg}^{0.67} \cdot dia$ para o período I, II e III, respectivamente. Considerando os

326 valores médios PV e CR, iLys e cLys foram estimados em 711 mg/dia e 1,225% para o
 327 período I (14-28 dias), 989 mg/dia e 1,137% para período II (42-56 dias) e 1272 mg/dia
 328 e 1,087 para o período III (70-84 dias).

329

330 Tabela 4 – Médias calculadas de ingestão de lisina digestível (iLys) e concentração na
 331 dieta (cLys) em função das diferentes períodos e taxa de deposição de proteína.

Itens	Porcentagem do máximo potencial de deposição ¹		
	NRmaxT 60% ²	NRmaxT 50%	NRmaxT 40%
Período I (14 a 28 dias)			
NR mg/PC _{kg} ^{0,67} .dia	1526	1836	2136
Exigência de lisina			
mg / PC _{kg} ^{0,67} .dia	901	1164	1503
mg/dia	550	711	918
Consumo diário	Concentração ótima de Lisina (g/kg)		
52	10,54	13,61	17,58
58	9,48	12,25	15,82
64	8,62	11,14	14,38
Período II (42 a 56 dias)			
NR mg/PC _{kg} ^{0,67} .dia	1225	1470	1715
Exigência de lisina			
mg / PC _{kg} ^{0,67} .dia	685	890	1154
mg/dia	762	989	1283
Consumo diário	Concentração ótima de Lisina (g/kg)		
78	9,73	12,64	16,38
87	8,76	11,37	14,75
96	7,96	10,34	13,41
Período III (70 a 84 dias)			
NR mg/PC _{kg} ^{0,67} .dia	1241	1489	1737
Exigência de lisina			
mg / PC _{kg} ^{0,67} .dia	600	781	1014
mg/dia	977	1272	1651
Consumo diário	Concentração ótima de Lisina (g/kg)		
105	9,28	12,08	15,68
117	8,35	10,87	14,11
129	7,59	9,88	12,83

332 ¹ Máximo potencial teórico de deposição diária de nitrogênio (ND_{max}T); peso corporal (PC). 1-28 dias:
 333 ND_{max}T: 3051 mg / PC_{kg}^{0,67}.dia; PC:479 g; 29-56 dias: ND_{max}T: 2450 mg / PC_{kg}^{0,67}.dia; PC: 1171 kg; 70-
 334 84 dias: ND_{max}T: 2482 mg / PC_{kg}^{0,67}.dia; PC: 2071 kg. ² Foi considerado para modelar as exigências de
 335 lisina as diferentes taxas (40, 50 e 60%) de desempenho para resposta assintótica para o NR_{max}T.

336

337 De acordo com a modelagem aplicada, iLys e cLys depende da NR, PV, e CR.
 338 Estes valores devem representar a realidade de cada sistema de produção. A simulação
 339 representa apenas uma validação do processo de aplicação, por conseguinte, é
 340 necessário corrigir para as condições de cada produtor. A variação de consumo de
 341 ração, altera as cLys e deve ser considerado quando se utiliza o conceito de proteína
 342 ideal e tem cLys como referência.

343 Considerando-se 60% de $NR_{max}T$ o valor de $iLys$ estimado com base no PV
344 (1164 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia) era semelhante para o valor de 1131 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia aves para
345 aves de crescimento rápido encontrados por DORIGAM et al., (2014), com base em
346 65% de $NR_{max}T$. A $iLys$ de frangos Redbro macho foi semelhante para frangos de corte
347 Cobb500 macho de crescimento rápido. Embora as aves tenham a taxa média de
348 crescimento diferentes foram criadas em condições ideais, além de utilizar o mesmo
349 método para obter $iLys$. Esta pesquisa revelou que as aves Redbro plumé exigem uma
350 maior concentração de lisina na dieta do que as aves Cobb500 de 6 a 21 dias de idade
351 (DORIGAM et al., 2014), devido ao menor CR.

352 No período de 29 a 56 dias de idade, os valores de $iLys$ encontrados para Redbro
353 (890 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia) foi 26% menor em comparação com as aves Cobb500
354 (DORIGAM et al. 2014, 1205 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia). O CR (87 g/dia) de aves Redbro plumé
355 foi aproximadamente 50% mais baixa em comparação com a Cobb 500 aves (173g /dia)
356 e, devido à diferença no CR, as aves Redbro necessita uma maior concentração de lisina
357 na alimentação, quando comparado com aves Cobb500 de 22 a 37 dias de idade
358 (DORIGAM et al., 2014).

359 No período III (57-84 dias) a diferença entre os valores de $iLys$ encontrados para
360 Redbro (781 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia) foi de 23% em relação a Cobb500 aves (DORIGAM et al,
361 2014: 1016 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia). O CR (117g/dia) de aves Redbro foi inferior em cerca de
362 aproximadamente 51% em comparação com aves Cobb500 (235 g/dia) e por causa da
363 diferença no CR foi encontrado um $cLys$ mais elevados para aves Redbro em
364 comparação com Cobb500 para as aves 38-53 dias de idade (DORIGAM et al., 2014).

365 A $iLys$ de 698,5 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia obtido por QUENTIN et al., (2005) com aves de
366 crescimento lento revela semelhança com $iLys$ obtidos no período III (57-84 dias), no
367 presente estudo. Os $iLys$ e $cLys$ de aves de crescimento lento da linhagem ISA Label
368 estimados por NASCIMENTO et al., (2009) foi de 643 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia e 0,760%,
369 respectivamente. A diferença é atribuída ao potencial de crescimento genética da ave.

370

371 **Conclusão**

372 Com base em modelos desenvolvidos, os $iLys$ para 60% do $ND_{max}T$ foi calculada
373 as 1164, 890, e 781 mg/ $PC_{kg}^{0.67}$.dia, para período I (14-28 dias), II (29-56 dias) e III
374 (70- 84 dias), respectivamente. Considerando os valores médios PV e CR, $iLys$ e $cLys$
375 foram estipulados em 711mg / dia e 1,225% para período (14-28 dias), 989 mg / dia e

376 1,137% para período II (29-56 dias), e 1.272mg / dia e 1,087% para o período III (70-84
377 dias), respectivamente, para consumo e níveis recomendados de lisina.

378

379 **Referências**

380

381 AOAC Official methods of analysis. 17th ed. Association of official analytical
382 chemists. Arlington, Virgínia, USA. 2002.

383

384 CIFTCI, I; CEYLAN, N. Effects of dietary threonine and crude protein on growth
385 performance, carcass and meat composition of broiler chickens. *British Poultry Science*
386 45, 280–289. 2004.

387

388 DORIGAM, J.C.P.; SAKOMURA, N.K.; HAUSCHILD, L; SILVA, E.P.D.; PALMA-
389 BENDEZU, H.C.; FERNANDES, J.B.K. Reevaluation of the digestible lysine
390 requirement for broilers based on genetic potential. *Scientia Agricola (USP.Impresso)*
391 71, 195–203. 2014.

392

393 FATUFE, A.A.; TIMMLER, R; RODEHUTSCORD, M. Response to lysine intake in
394 composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male
395 chickens from two genotypes. *Poultry Science* 83, 2004.

396

397 FISHER, C; MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of laying
398 pullets by a diet dilution technique. *British Poultry Science* 11, 67–82. 1970.

399

400 GOUS, R. M.; MORRIS, T.R. Evaluation of a diet dilution technique for measuring the
401 response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *British Poultry*
402 *Science* 26, 147–161. 1985.

403

404 GOUS, R. M.; MORAN, E. T; STILBORN, H. R.; BRADFORD, G.D.; EMMANS, G.
405 C. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical
406 growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poultry Science* 78,
407 1999.

408

409 NASCIMENTO, D. C. N.; SAKOMURA, N. K.; SIQUEIRA, J. C.; PINHEIRO, S. R.
410 F.; FERNANDES, J. B. K.; FURLAN, R. L. Digestible methionine + cystine
411 requirements of ISA Label broilers reared in free-range system. *Revista Brasileira de*
412 *Zootecnia* 38, 869–878. 2009.

413

414 QUENTIN, M.; BOUVAREL, I.; PICARD, M. Effects of crude protein and lysine
415 contents of the diet on growth and body composition of slow-growing commercial
416 broilers from 42 to 77 days of age. *Animal Research* 54, 2005.

417

418 RIMBACH, M.; LIEBERT, F. N-metabolism parameter of current broiler chicken
419 genotypes in different age period. *Proc. Soc. Nutr. Physiol* 8, 8–49. 1999.

420

421 SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential
422 for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. *Poultry*
423 *Science* 85, 1421–1429. 2006.

424

425 SAMADI, LIEBERT, F. Lysine requirement of fast growing chickens; effects of age,
426 sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. *Japanese Poultry Science*
427 44, 63 –72. 2007.

428

429 SAMADI, LIEBERT, F. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing
430 chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. *British*
431 *Poultry Science* 49, 45 –54. 2008.

432

433 SAS (2009) ‘SAS/ACCESS 9.1 interface to PeopleSoft: user’s guide.’ (SAS Institute:
434 Cary, NC).

435

436 SCHADEREIT, R.; REHFELDT CH; KRAWIELITZKI, K.; KLEIN, M.; KANITZ, E.;
437 KUHLA, S. Protein turnover, body composition, muscle characteristics, and blood
438 hormones in response to different direction of growth selection in mice. *Journal of*
439 *Animal and Feed Sciences* 7, 333–352. 1998

440

441 SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R.; LAGUE, P. C. Apparent
442 digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn soy bean diet
443 supplemented with microbial phytase. *Poultry Science* 76, 1760–1769. 1997.

444

445 SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; ARAÚJO, J. A.; HAUSCHILD, L.; MALHEIROS,
446 E. B.; DORIGAM, J. C. P. Description of the potential for nitrogen retention in pullets
447 by different methodologies: maximum deposition and estimates of intake of methionine
448 + cystine. *Ciência Rural* 43, 2070–2077. 2013.

449

450 THONG, H. T.; LIEBERT, F. Amino acid requirement of growing pigs depending on
451 amino acid efficiency and level of protein deposition 1st communication: lysine.
452 *Archives of Animal Nutrition* 58, 69 –87. 2004a.

453

454 THONG, H. T.; LIEBERT, F. Potential for protein deposition and threonine
455 requirement of modern genotype barrows fed graded levels of protein with threonine as
456 the limiting amino acid. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 88, 196–
457 203. 2004b.

458

459

460

461

462

Capítulo 3

Determinação das relações ideais de aminoácidos

para frangos Redbro plumé

Determinação das relações ideais de aminoácidos para frangos Redbro plumé

Resumo: O objetivo do estudo foi através da técnica do balanço de nitrogênio estimar as proporções ideais entre aminoácidos essenciais: metionina + cistina, treonina, triptofano, arginina, valina, isoleucina e leucina com a lisina para a linhagem Redbro plumé machos em três fases de crescimento (inicial: 14 a 28 dias; crescimento: 42 a 56 dias; final: 70 a 84 dias). Foram utilizadas 72 aves por ensaio, alojadas individualmente em gaiolas metabólicas. O tratamento controle foi formulado de acordo com as recomendações nutricionais sugeridas para linhagem de frangos Redbro plumé, mas as relações ideais de aminoácidos adotada foram as sugeridas pelas tabelas brasileiras. As dietas com diferentes aminoácidos limitantes foram obtidas por diluição da dieta controle com amido de milho (70%) e suplementadas com aminoácidos cristalinos, exceto para o aminoácido em estudo. O ensaio de balanço de nitrogênio foi dividido em cinco dias de adaptação e dois períodos de coleta de excretas, cada um com cinco dias. Os dados foram submetidos a análise de variância e aplicou-se o teste de Dunnett para algumas variáveis de desempenho e utilizou modelos matemáticas sugeridos pelo método de Goettingen. Os valores estimados para a relação aminoácidos: lisina, foram: 67, 73 e 71 metionina + cistina; 63, 69 e 69 treonina; 17, 18 e 17 triptofano; 105, 102 e 103 arginina; 85, 80 e 78 valina; 67, 67 e 68 isoleucina; 104, 109 e 108 leucina, respectivamente para fase inicial, crescimento e final. Esses dados servem de auxílio para formulações mais precisas de dietas para frangos Redbro plumé, visto que são escassas informações sobre essa linhagem.

Palavra-chave: balanço de nitrogênio; crescimento lento; frango; proporções aminoacídicas

Determination of ideal relations of amino acids for chickens Redbro plume

Abstract: The object of the study was through the nitrogen balance technique estimate the ideal proportions of essential amino acids: methionine and cystine, threonine, tryptophan, arginine, valine, isoleucine and leucine with the lysine for Redbro line plume males in three growth stages (initial: 14 to 28 days, growth: 42 to 56 days; end: 70 to 84 days). Were used per experiment 72 individually housed in metabolic cages. The control treatment was formulated according to the nutritional recommendations suggested for chickens lineage Redbro plume, but the ideal relations of amino acids used was suggested by Brazilian tables. The diets with different amino acids were obtained by limiting dilution of the control diet with corn starch (70%) and supplemented with crystalline amino acids, amino acid except for the study. The nitrogen balance test was divided into five days of adaptation and two periods of excreta collection, each with five days. Data were subjected to analysis of variance and applied Dunnett's test for alumas performance variables and mathematical models used by Goettingen suggested method. The estimated values for amino acids: lysine ratio were 67, 73 and 71 methionina + cystine; 63, 69 and 69 threonine; 17, 18 and 17 tryptophan; 105, 102 and 103 arginine; 85, 80 and 78 valine; 67, 67 and 68 isoleucine; 104, leucine 109 and 108, respectively, for initial phase, growing and finishing. These data provide support for more precise formulations diets for chickens Redbro plume, as is scarce information about this strain.

Keywords: nitrogen balance; slow growth; chicken; aminoacidic proportions

Introdução

A máxima síntese proteica está diretamente relacionada com o perfil de aminoácido dietético. Porém, é difícil decidir os padrões de aminoácidos dietéticos, visto que a digestibilidade e disponibilidade de cada aminoácido é específico (OVIEDO-RONDÓN & WALDROUP, 2002). Esta dificuldade, é em parte devido à não-linearidade de respostas de crescimento e nas mudanças concentrações de aminoácidos na dieta (MERCER, 1982), as interações entre os aminoácidos, classificadas como desequilíbrio, antagonismo ou toxicidade (D'MELLO, 1994).

Tradicionalmente, as exigências aminoacídicas vem sendo definidas pelo método dose resposta, que é representado pela resposta ao aumento da concentração de um aminoácido limitante na dieta, até que as respostas se estabilizem (ROBBINS, 1979; GOUS, 1999; MOUGHAN & FULLER, 2003; SAKOMURA & ROSTAGNO, 2007).

Uma outra concepção teórica para determinar a exigência de um determinado aminoácido para aves em crescimento, vem sendo estudada por SAMADI & LIEBERT (2006, 2007, 2008), SILVA et al. (2013), DORIGAM et al. (2014), SANTOS et al. (2014). Basea-se em modelos matemáticos não lineares utilizando-se de relações matemáticas entre nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado (NEX) e máximo teórico de retenção diária de nitrogênio (NR_{maxT}), sendo estas informações obtidas a partir de ensaios de balanço de nitrogênio com aves, considerando, apenas a retenção de tecido proteico. O método pode descrever o potencial genético e determinar a exigência de aminoácido, além de uma ferramenta importante na nutrição animal para determinação da relação ideal entre os aminoácidos. Visto que, o conceito de proteína ideal tem por base a relação dos aminoácidos essenciais em relação ao aminoácido referência, a lisina, o conhecimento destas relações permite ao nutricionista formular rações mais precisas. Num passado

recente se formulava com o conceito de proteína bruta. Rações a base milho e farelo de soja permitiam atendimento energia e proteína, mas, não atendiam completamente as necessidades dos aminoácidos essenciais.

As exigências nutricionais de aves de crescimento lento são diferentes daquelas dos frangos de corte convencionais. Existem diferenças entre tempo de ciclo de produção, manejo e principalmente, relacionadas ao ambiente de criação. Mesmo assim, os nutricionistas baseiam na relação ideal entre os aminoácidos para frangos de corte como o NRC (1994) e ROSTAGNO et al., (2011) para calcular a dietas dessas aves. Contudo, o objetivo do presente estudo foi avaliar a relação ideal entre os aminoácidos para a linhagem Redbro plumé machos em três diferentes períodos de vida dos frangos, pelo método de Goettingen.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de digestibilidade de não ruminantes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil. Os protocolos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Biossegurança, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil, de acordo com o número de protocolo 23082-019795 / 2012. Foram realizados três ensaios de balanço de nitrogênio (N) utilizando frangos Redbro plumé machos com peso corporal iniciais (PC) respectivamente de 285 ± 50 g, 1327 ± 100 g e 2036 ± 110 g nos períodos de 14 a 28 dias (I), de 42 a 56 dias (II), e 70 a 84 dias (III). As aves foram alojadas em uma sala de metabolismo com temperatura, luz e ventilação controladas para proporcionar um ambiente termoneutro para as aves durante cada período. A média da temperatura registrada nos três experimentos foram de $25,5^{\circ}\text{C}$ e a umidade relativa de 65%. As gaiolas foram equipadas com

comedouros e bebedores individuais. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito tratamentos e um tratamento controle. Foram oito repetições, cada um com uma ave, totalizando 72 aves por experimento.

A ração do tratamento controle foi formulada de acordo com as recomendações nutricionais mínimas sugeridas pelo manual da linhagem Redbro plumé (GLOBOAVES, 2011). As dietas experimentais com déficit de aminoácidos limitantes foram formuladas com 70% de amido de milho e suplementadas com aminoácidos cristalinos, exceto o aminoácido teste (lisina, metionina, treonina, triptofano, arginina, valina, isoleucina e leucina) na Tabela 1. Em todas as dietas experimentais os teores de nutrientes e energia permaneceram a mesma (Tabela 2). A relação entre os aminoácidos adotada foi a proposta por ROSTAGNO et al. (2011).

Durante o ensaio de balanço de nitrogênio, as aves passaram por um período de adaptação de cinco dias em que a oferta foi controlada com base no consumo individual de cada tratamento. Após esse período, a coleta total de excretas foi dividida em dois períodos de cinco dias cada, conforme recomendado pelo SAMADI E LIEBERT (2006). As excretas foram recolhidas uma vez por dia, e imediatamente armazenadas em sacos de plástico adequadamente rotulados e congelados -20°C para posteriores análises.

As amostras de excretas de cada tratamento, foram descongelados, homogeneizados, pré-seca a 65°C durante 72 horas na estufa de ventilação forçada. Posteriormente, as amostras foram trituradas no moinho com crivo de 1 mm.

Tabela 1 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período inicial

Ingredientes	Dietas, %								
	Controle	Lisina	Metionina + cistina	Treonina	Triptofano	Arginina	Valina	Isoleucina	Leucina
Milho	65,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Farelo de soja	18,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Amido	-	16,160	16,470	16,230	16,380	15,370	16,390	16,340	16,300
CP ¹	-	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Óleo de soja	0,610	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	1,750	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
Calcário	1,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360
Sal comum	0,120	0,150	-	-	-	-	-	-	-
Carbonato de Potássio	1,850	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930	0,930
Premix mineral ²	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Premix vitamínico ³	0,120	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Cloreto de colina 60%	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Casca de arroz	4,090	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Bicarbonato de sódio	1,460	0,293	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Anticoccidiano	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Lisina HCl (78%)	0,650	-	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460	0,460
Metionina (99%)	0,370	0,260	-	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
Treonina (96%)	0,250	0,240	0,240	-	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Triptofano (98%)	0,050	0,060	0,060	0,060	-	0,060	0,060	0,060	0,060
Arginina (99%)	0,410	0,390	0,390	0,390	0,390	-	0,390	0,390	0,390
Valina (98%)	0,260	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	-	0,280	0,280
Isoleucina (99%)	0,230	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	-	0,240
Leucina (98,5%)	0,010	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	0,390	-
Fenilalanina (99%)	0,240	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430	0,430
Histidina (99%)	0,050	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
Glicina (96%)	0,420	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540	0,540
Ác. Glutâmico (99%)	1,900	3,960	3,960	3,960	3,960	3,960	3,960	3,960	3,960
Inerte	0,550	1,611	1,474	1,604	1,544	1,684	1,454	1,424	1,344
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

¹CP: controle positivo; ²Conteúdo/kg: Manganês = 75.000mg; ferro = 50.000mg; Iodo = 1.500mg; Zinco = 70.000mg; cobre = 8.500 mg; cobalto = 200mg. ³Conteúdo/kg: Ácido fólico (mín) = 500mg; ácido pantotênico (mín) = 13.5mg; niacina (mín) = 30g; selênio (mín) = 250mg; vitamina A (mín) = 10.000.000UI; vitamina B1 (mín) = 1.880 mg; vitamina B12 (mín) = 10.000mg; vitamina B2 (mín) = 5.000mg; vitamina B6 (mín) = 2.000 mg; vitamina D3 (mín) = 2.000.000 UI; vitamina E (mín) = 20.000 UI; vitamina K3 = 4.000 mg; xilanase (mín) = 7.500UI. Veículo q.s.q 1.000g.

Tabela 2 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período crescimento

Ingredientes	Dietas, %								
	Controle	Lisina	Metionina + cistina	Treonina	Triptofano	Arginina	Valina	Isoleucina	Leucina
Milho	63,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Farelo de soja	18,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Amido	-	16,900	17,050	16,930	17,000	16,560	17,000	16,980	16,980
CP ¹	-	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Óleo de soja	3,420	-	-	-	-	-	-	-	-
Fosfato bicálcico	1,690	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630	0,630
Calcário	1,100	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260
Sal comum	-	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Carbonato de Potássio	0,860	0,620	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470	0,470
Premix mineral ²	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Premix vitamínico ³	0,120	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Cloreto de colina 60%	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Casca de arroz	3,430	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
Bicarbonato de sódio	0,990	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
Anticoccidiano	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Lisina HCl (78%)	0,650		0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
Metionina (99%)	0,380	0,110		0,110	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
Treonina (96%)	0,260	0,100	0,100		0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Triptofano (98%)	0,050	0,030	0,030	0,030		0,030	0,030	0,030	0,030
Arginina (99%)	0,410	0,170	0,170	0,170	0,170		0,170	0,170	0,170
Valina (98%)	0,260	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120		0,120	0,120
Isoleucina (99%)	0,250	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100		0,100
Leucina (98,5%)	0,020	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	
Fenilalanina (99%)	0,250	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180		0,180
Histidina (99%)	0,050	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060	0,060
Glicina (96%)	0,440	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
Ác. Glutâmico (99%)	0,360	6,460	6,270	6,300	6,200	6,710	6,320	6,330	6,460
Inerte	3,700	1,914	2,014	2,094	2,054	2,124	2,024	2,014	1,954
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

¹CP: controle positivo; ²Conteúdo/kg: Manganês = 75.000mg; ferro = 50.000mg; Iodo = 1.500mg; Zinco = 70.000mg; cobre = 8.500 mg; cobalto = 200mg. ³Conteúdo/kg: Ácido fólico (mín) = 500mg; ácido pantotênico (mín) = 13.5mg; niacina (mín) = 30g; selênio (mín) = 250mg; vitamina A (mín) = 10.000.000UI; vitamina B1 (mín) = 1.880 mg; vitamina B12 (mín) = 10.000mg; vitamina B2 (mín) = 5.000mg; vitamina B6 (mín) = 2.000 mg; vitamina D3 (mín) = 2.000.000 UI; vitamina E (mín) = 20.000 UI; vitamina K3 = 4.000 mg; xilanase (mín) = 7.500UI. Veículo q.s.q 1.000g.

Tabela 3 – Composição nutricional das dietas experimentais para determinação a relação ideal entre os aminoácidos no período final

Ingredientes	Dietas, %								
	Controle	Lisina	Metionina + cistina	Treonina	Triptofano	Arginina	Valina	Isoleucina	Leucina
Milho	63,000	-	-	-	-	-	-	-	-
Farelo de soja	15,070	-	-	-	-	-	-	-	-
Amido	-	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
CP ¹	-	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000	70,000
Óleo de soja	3,620	0,260	0,350	0,390	0,320	0,050	0,320	0,310	0,300
Fosfato bicálcico	1,200	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Calcário	0,860	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190
Sal comum	-	-	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
Carbonato de Potássio	1,020	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Premix mineral ²	0,050	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Premix vitamínico ³	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Cloreto de colina 60%	0,100	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030
Casca de arroz	2,330	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Bicarbonato de sódio	1,030	0,340	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Anticoccidiano	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Lisina HCl (78%)	0,680		0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
Metionina (99%)	0,360	0,180		0,180	0,180	0,180	0,180	0,180	0,180
Treonina (96%)	0,260	0,160	0,160		0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
Triptofano (98%)	0,050	0,040	0,040	0,040		0,040	0,040	0,040	0,040
Arginina (99%)	0,440	0,260	0,260	0,260	0,260		0,260	0,260	0,260
Valina (98%)	0,270	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190		0,190	0,190
Isoleucina (99%)	0,260	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160		0,160
Leucina (98,5%)	0,020	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	0,260	
Fenilalanina (99%)	0,270	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
Histidina (99%)	0,060	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090
Glicina (96%)	0,470	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360	0,360
Ác. Glutâmico (99%)	-	4,670	4,400	4,460	4,270	5,070	4,480	4,500	4,670
Inerte	3,428	1,295	1,375	1,255	1,390	1,085	1,335	1,295	1,235
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

¹CP: controle positivo; ²Conteúdo/kg: Manganês = 75.000mg; ferro = 50.000mg; Iodo = 1.500mg; Zinco = 70.000mg; cobre = 8.500 mg; cobalto = 200mg. ³Conteúdo/kg: Ácido fólico (mín) = 500mg; ácido pantotênico (mín) = 13.5mg; niacina (mín) = 30g; selênio (mín) = 250mg; vitamina A (mín) = 10.000.000UI; vitamina B1 (mín) = 1.880 mg; vitamina B12 (mín) = 10.000mg; vitamina B2 (mín) = 5.000mg; vitamina B6 (mín) = 2.000 mg; vitamina D3 (mín) = 2.000.000 UI; vitamina E (mín) = 20.000 UI; vitamina K3 = 4.000 mg; xilanase (mín) = 7.500UI. Veículo q.s.q 1.000g.

Alimento e excretas foram analisadas quanto aos teores de matéria seca utilizando a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002) e nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1997). Foi utilizado fator de correção de 6,25 para converter os valores de nitrogênio para proteína bruta.

Tabela 4- Composição nutricional das dietas

	Inicial	Crescimento	Final
EMAn, kcal/kg	2880	3000	3100
Proteína bruta, %	18,00	17,00	16,00
Cálcio, g/kg	1,04	0,92	0,70
Sódio, g/kg	0,46	0,29	0,30
Fósforo disponível, g/kg	0,40	0,39	0,30
Potássio, g/kg	1,30	0,88	0,91
Fibra bruta, g/kg	3,74	3,44	2,93

*EMAn: energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio

No balanço de nitrogênio a qualidade de proteína na dieta (b) em cada tratamento foi estimado de acordo com a equação de SAMADI E LIEBERT (2008):

$$b = [InNR_{max}T - In(NR_{max}T - NR)]/NI$$

O $NR_{max}T$ é retenção máxima teórica de nitrogênio ($mg\ N/PC_{kg}^{0.67}/dia$), NI é a ingestão de nitrogênio, NR e a retenção de nitrogênio. O atributo "teórico" ($NR_{max}T$, retenção máxima teórica de nitrogênio) porque indica o valor estimado, não estão de acordo com a faixa de crescimento real, mas caracterizam a estimativa do potencial genético, o qual não é atingido devido a fatores dietéticos (SAMADI E LIEBERT, 2006). O valor de $NR_{max}T$ para a linhagem Redbro plumé foi estimada por Santos et al., (2014) de acordo com a metodologia do SAMADI E LIEBERT (2007) em 3276, 2585 e 2603 $mg/PC_{kg}^{0.67}/dia$ para os períodos inicial (14-28 dias), crescimento (42-56 dias) e final (70-84 dias), respectivamente.

O b é a taxa de crescimento da função exponencial e indica a qualidade da proteína dietética, independentemente da ingestão de nitrogênio. Usando estes parâmetros, a relação entre a qualidade de proteína na dieta (b) com a concentração do aminoácido limitante para a proteína na dieta (c , g AA/16g N), é possível exprimir a eficiência de utilização do aminoácido limitante, representado por bc^{-1} . O valor de bc^{-1} ($\times 10^{-6}$) é representada pela inclinação entre a qualidade de proteína na dieta (b) e a concentração do aminoácido limitante (c) fornecida na dieta. Assim, utilizando este procedimento pode-se avaliar a relação ótima entre os aminoácidos, e essas comparações só são permitidas dentro de períodos de idade iguais porque $NR_{\max}T$ varia de acordo com o peso corporal e afeta o valor estabelecido de (bc^{-1}). A relação entre a eficiência lisina (referência) e a eficiência do aminoácido em estudo é utilizado para derivar proporções AA ideais (IAAR):

$$IAAR = bc^{-1}_{Lis} / bc^{-1}_{AAL}$$

Os dados dos ensaios de balanço de nitrogênio foram analisados no programa estatístico SAS (2009). Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste F, com uma probabilidade de 0,05. Diferenças significativas entre os tratamentos deficientes de aminoácidos e as respostas do tratamento controle foram testadas por meio do teste de Dunnett, e os valores de $P < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Resultados e Discussão

Para fase inicial (14 a 28 dias) não houve diferença significativa no PC e nem para o CMS (Tabela 5). Houve diferença no PC para os tratamentos sem suplementação de lisina, metionina, arginina e isoleucina para fase de crescimento (42 a 56 dias) e para o

CMS houve diferença significativa só para o tratamento sem metionina, que apresentou o menor PC (1398 g) dentre todos os tratamentos. Para a fase final (70 a 84 dias) os tratamentos sem suplementação de lisina, metionina, triptofano, arginina, valina e isoleucina foram os que tiveram diferença em comparação com o controle para PC e CMS. Esses aminoácidos que apresentaram diferença quanto ao controle normalmente estão envolvidos na síntese de proteína corporal e/ou relacionado com o consumo.

Como é o caso da lisina, que é praticamente, somente, para deposição de proteína corporal, para tanto existe uma relação inversa entre a síntese de proteína e a oxidação de lisina no organismo (BEQUETTE, 2003). Possivelmente, o PC ficou comprometido na fase de crescimento e final pela deficiência lisina na dieta. O tratamento sem suplementação de metionina apresentou esse comportamento, visto que continha pouca metionina presente na dieta, e ela pode ter sido desviada para outras funções metabólicas. Sabe-se que a metionina é o principal doador de radicais metil no organismo, na qual participa da biossíntese de muitas substâncias importantes envolvidas no crescimento e desenvolvimento das aves (TESSERAUD et al., 2011) e precursor da cisteína (STORCH et al., 1990). As dietas não foram suplementadas com cisteína o que pode ter contribuído com o desvio de metionina.

Na fase final o tratamento sem triptofano apresentou diferença significativa pelo teste de Dunnett. O triptofano está envolvido com a síntese de serotonina e niacina (CASTRO et al., 2000). A serotonina, estimula a ingestão de alimento e à diminuição de estresse antes do abate.

Tabela 5 – Médias do balanço de nitrogênio com exclusão de um aminoácido da dieta sobre peso corporal (PC), consumo de matéria seca (CMS), nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio depositado (ND), a qualidade de proteínas (b) e eficiência de utilização do aminoácido (bc⁻¹).

	Dietas								
	Controle	Lisina	Metionina	Treonina	Triptofano	Arginina	Valina	Isoleucina	Leucina
Fase inicial									
PC (g)	333 ± 5	344 ± 3	349 ± 1	332 ± 6	340 ± 1	314 ± 5	333 ± 4	362 ± 1	343 ± 4
CMS (mg/dia)	33 ± 5	35 ± 3	35 ± 2	34 ± 5	35 ± 4	32 ± 4	32 ± 4	37 ± 2	35 ± 4
NI (mg/dia)	1814 ± 84	1825 ± 61	2043 ± 42*	1929 ± 86*	1988 ± 78*	1895 ± 68	1813 ± 86	2030 ± 58*	2005 ± 57*
ND (mg/dia)	1480 ± 124	1373 ± 115	1471 ± 146	1415 ± 145	1476 ± 159	1277 ± 171*	1237 ± 301*	1400 ± 209	1402 ± 156
b	406 ± 30	368 ± 35	358 ± 40	361 ± 35	372 ± 39	325 ± 45*	328 ± 54	338 ± 21*	344 ± 40*
bc ⁻¹	-	71 ± 7	107 ± 12	114 ± 11	419 ± 9	62 ± 8	83 ± 14	107 ± 6	68 ± 7
Fase crescimento									
PC (g)	1550 ± 6	1466 ± 3*	1398 ± 1*	1490 ± 6	1475 ± 1	1452 ± 9*	1471 ± 8	1447 ± 7*	1483 ± 9
CMS (mg/dia)	95 ± 2	90 ± 5	87 ± 8*	92 ± 2	90 ± 3	98 ± 3	91 ± 2	90 ± 3	91 ± 2
NI (mg/dia)	2118 ± 6	2153 ± 11	2110 ± 40	2155 ± 9	2136 ± 40	2113 ± 49	2131 ± 53	2092 ± 54	2116 ± 77
ND (mg/dia)	1978 ± 16	1955 ± 102	1938 ± 66	1982 ± 60	1842 ± 111*	1802 ± 135*	1891 ± 42	1920 ± 112	1955 ± 92
b	526 ± 6	509 ± 40	512 ± 21	520 ± 25	469 ± 46*	459 ± 51*	488 ± 17	510 ± 37	504 ± 31
bc ⁻¹	-	106 ± 8	149 ± 3	153 ± 4	605 ± 7	103 ± 8	135 ± 3	156 ± 6	98 ± 5
Fase Final									
PC (g)	2530 ± 18	2247 ± 20*	2170 ± 21*	2373 ± 12	2269 ± 22*	2239 ± 12*	2204 ± 16*	2279 ± 24*	2373 ± 24
CMS (mg/dia)	90 ± 5	87 ± 7*	84 ± 5*	91 ±	86 ± 5*	85 ± 5*	86 ± 4*	86 ± 8*	89 ± 7
NI (mg/dia)	1243 ± 28	1277 ± 51	1874 ± 77*	1835 ± 31*	3102 ± 97*	1417 ± 75*	1942 ± 78*	1884 ± 69*	1423 ± 162*
ND (mg/dia)	1023 ± 26	908 ± 125	1531 ± 54*	1587 ± 94*	2886 ± 71*	1112 ± 60	1383 ± 221	1588 ± 105*	1150 ± 215
b	385 ± 12	334 ± 45	411 ± 32	440 ± 30*	904 ± 60*	371 ± 25	352 ± 75	429 ± 33*	384 ± 39
bc ⁻¹	-	66 ± 9	93 ± 7	96 ± 6	389 ± 3	64 ± 4	85 ± 19	97 ± 7	61 ± 15

A niacina é biologicamente precursora de duas coenzimas a nicotinamida adenina dinucleotídeo (NAD⁺) e nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADP⁺). Como eles são essenciais na produção de ATP na cadeia respiratória, seu déficit pode ocasionar uma deficiência energética, podendo causar até a morte do animal (SANTIN et al., 2000). Foi observada uma mortalidade de 50% na fase final do experimento (70 a 84 dias).

O tratamento sem suplementação de arginina, para fase de crescimento e final apresentou diferença significativa para PC. As aves têm a mais alta exigência de arginina, devido não apresentarem o ciclo da ureia funcional (BALL et al., 2007), além da falta de síntese endógena. O que possivelmente pode ter ocorrido foi uma competição pelo sitio de absorção com a lisina. Já que existia um excesso de lisina em comparação com a arginina. O antagonismo é uma interação que envolve aminoácidos estruturalmente semelhantes, como é o caso da lisina e arginina, sendo que o excesso de cada um deles eleva a exigência do outro (AUSTIC, 1981).

A valina é importante para a deposição protéica corporal, sendo que sua deficiência pode reduzir a eficiência de utilização dos primeiros aminoácidos limitantes, prejudicando assim o desempenho dos animais. Foi observado no experimento com as aves na fase final a falta de suplementação da valina ocasionou efeito significativo para PC e também para o tratamento sem lisina e metionina. Os primeiros aminoácidos limitantes para aves.

Para fase de crescimento e final o tratamento sem suplementação de isoleucina apresentou diferença significativa para o PC. Existe uma limitação de isoleucina em dieta a base de milho e farelo de soja, quando misturados à dieta de frangos indicam que pode ser o quarto aminoácido limitante depois da treonina (KIDD et al., 2004). Dietas com desequilíbrio de aminoácidos induz ao decréscimo do consumo, o que pode resultar em menor habilidade de catabolizar a fonte desbalanceada em aminoácidos.

Para a variável NI na fase inicial houve diferença para os tratamentos sem metionina, treonina, triptofano, isoleucina e leucina. Apesar de não terem tido diferença significativa no CMS, esses tratamentos obtiveram numericamente os maiores CMS que o controle, conseqüentemente maior ingestão de nitrogênio. Na fase final apenas não houve diferença para NI com o tratamento sem lisina. Conseqüentemente esses tratamentos apresentaram maiores valores de ND.

O b é a taxa de crescimento da função exponencial (inclinação) e indica a qualidade da proteína dietética, independentemente da ingestão de nitrogênio, mas é dependente da concentração do aminoácido limitante para a proteína na dieta, e através deles é possível exprimir a eficiência de utilização do aminoácido dietético (bc^{-1}) que foi calculado para cada tratamento. A proporção ideal entre os aminoácidos foi realizada dividindo a eficiência de utilização de lisina pela eficiência de utilização da outro estudado. As relações entre os aminoácidos em cada fase utilizando este procedimento estão apresentadas na Figura 1, 2 e 3.

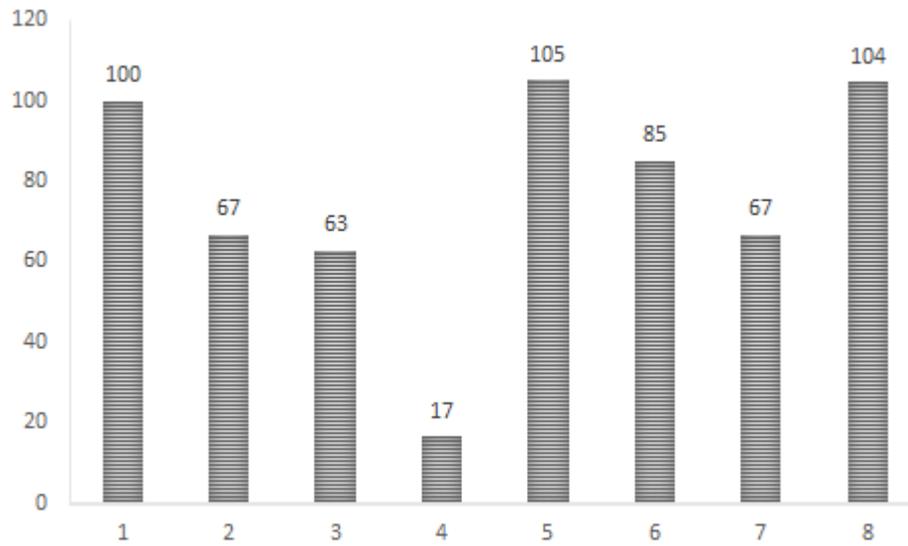


Figura 4- Relação ideal de aminoácidos para fase inicial (14 a 28 dias) para frangos Redbro plumé

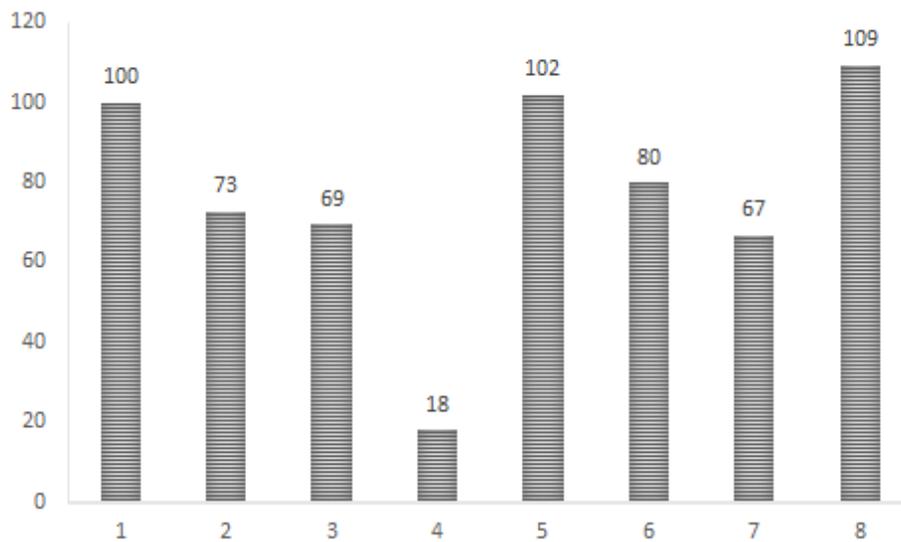


Figura 5- Relação ideal de aminoácidos para fase crescimento (42 a 56 dias) para frangos Redbro plumé

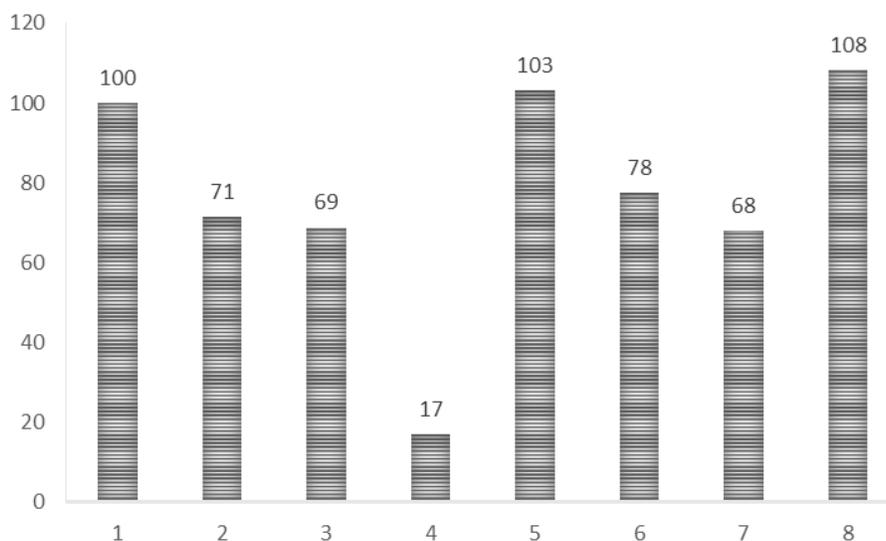


Figura 6- Relação ideal de aminoácidos para fase final (70 a 84 dias) para frangos Redbro plumé

As relações de aminoácidos mais recentes contidas na literatura não contemplam frangos de corte de crescimento lento, e normalmente só vai até 42 dias de idade do frango, onde para frangos de corte de crescimento lento o mínimo é de 84 dias. Na Tabela 6, encontra-se os resultados de relação ideal.

Tabela 6 – Relações ideais de aminoácidos determinados por Baker et al. (2002) e Rostagno et al. (2011).

Aminoácidos	Baker et al. (2002)		Rostagno et al. (2011)	
	8 – 21 dias		1 – 21 dias	22 – 56 dias
Lisina	100	100	100	100
Metionina + Cistina	Nd	72	73	73
Treonina	56	68	68	68
Triptofano	17	17	18	18
Arginina	105	105	105	105
Valina	78	79	80	80
Isoleucina	61	67	68	68
Leucina	Nd	107	108	108

Houve uma pequena variação entre os resultados encontrados na literatura e os resultados obtidos no presente experimento. A relação para metionina + cistina e treonina na fase inicial tiveram uma redução de 7% em comparação com referência. Foram os

resultados mais expressivos, visto que as variações dos outros aminoácidos foram pequenas.

A avaliação precisa do perfil ideal de aminoácidos é fundamental para maximização do crescimento e da produção de aves. BAKER & HAN (1994), as relações não se modificam em função dos fatores que influenciavam as exigências de aminoácidos na dieta tais como: nível de energia metabolizável, proteína bruta, sexo, temperatura ambiente e densidade populacional, entretanto o mesmo não acontece com as exigências nutricionais.

Estes dados são importantes para a formulação de dietas mais precisas para frangos de crescimento lento, visto que o potencial genético e tempo de criação dessas aves é diferenciada da de frango de corte industrial

Conclusão

Pelo método de Goettingen foi possível determinar as relações ideais entre aminoácidos: lisina. As relações dos aminoácidos foram bem similares aos de frango de corte industrial.

Referências

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 16^aed. Washington, v.1, 850p., 1997.

AUSTIC, R.E. On the nature of amino acid interactions. In: Cornell Nutrition Conference, 1981, Ithaca. Proceedings... Ithaca: Cornell University. 1981.

BAKER, D.H. & HAN, Y. Ideal amino acid profile for chickens during the first three weeks posthatching. Poultry Science, Savoy, v.73, p.1441-1447, 1994.

BALL, R. O.; URSHEL, K. L.; PENCHARZ, P. B. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. Journal of Nutrition, v. 137, n. 6, p. 1626-1641, 2007.

BEQUETTE, B.J. Amino acids metabolism in animals. In: D'MELLO, J.P.F (Ed.) Amino Acids IN Animal Nutrition. 2. Ed. New York: CAB International, p.87-102. 2003.

CASTRO, A.J., GOMES, P.C.; PUPA, J.M.R.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; NASCIMENTO, A.H. Exigência de Triptofano para Frangos de Corte de 1 A 21 dias de Idade. Revista Brasileira de Zootecnia. v.29, n.6, p. 1743-1749, 2000.

DORIGAM, J.C.P.; SAKOMURA, N.K.; HAUSCHILD, L; SILVA, E.P.D.; PALMA-BENDEZU, H.C.; FERNANDES, J.B.K. Reevaluation of the digestible lysine requirement

for broilers based on genetic potential. *Scientia Agricola (USP. Impresso)* 71, 195–203. 2014.

D'MELLO, J. P. F. *Amino acids in farm animal nutrition*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 1994.

GOUS, R.M. et al. et 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*, 78:812-821, 1999.

GLOBOAVES. *Manual de Manejo linha colonial*. Fevreiro, 2011.

KIDD, M.T.; BURNHAM, D.J.; KERR, B.J. Dietary isoleucine responses in male broiler chickens. *British Poultry Science*, London, v. 45, p. 67-75, 2004.

MERCER, L.P. The quantitative nutrient-response relationship. *Journal Nutrition*, 11: 2560-2566. 1982.

MOUGHAN, P.J.; FULLER, M.F. Modelling amino acid metabolism and the estimation of amino acid requirements. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) *Amino acids in animal nutrition*. 2.ed. Edinburgh: CABI Publishing, 2003. p.187-202.

NRC - National Research Council, *Nutrient requirements of poultry*, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OVIEDO-RONDÓN, E.O.; WALDROUP, P.W. Models to Estimate Amino Acid Requirements for Broiler Chickens: A Review. *International Journal of Poultry Science* 1 (5): 106-113, 2002.

ROBBINS, K.R.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirement from growth data. *Journal of Nutrition*, v.109, p.1710-1714, 1979.

ROSTAGNO, H.S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p. 2007.

SAMADI; LIEBERT, F. Estimation of nitrogen maintenance requirements and potential for nitrogen deposition in fast-growing chickens depending on age and sex. *Poultry Science* 85, 1421–1429. doi:10.1093/ps/85.8. 1421. 2006.

SAMADI, LIEBERT, F. Lysine requirement of fast growing chickens; effects of age, sex, level of protein deposition and dietary lysine efficiency. *Japanese Poultry Science* 44, 63 – 72. 2007.

SAMADI, LIEBERT, F. Modelling the optimal lysine to threonine ratio in growing chickens depending on age and efficiency of dietary amino acid utilisation. *British Poultry Science* 49, 45 –54. 2008.

SANTIN, E.; AHRENS, N.L.; ZANELLA, I. et al. Diferentes níveis de ácido fólico e nicotínico em dietas para frangos de corte. *Ciência Rural*, vol.30, no.4 Santa Maria Jul/Aug. 2000.

SANTOS, P.A.; RABELLO, C.B.V; SAKOMURA, N.K.; DA SILVA, E. P.; DORIGAM, J.C.; DOS SANTOS, M.J.B.; LORENA-REZENDE, I.M.B. Modelling of the nitrogen deposition and dietary lysine requirements of Redbro broilers. *Animal Production Science*. V.12, p.1946-1952. 2014.

SAS - ‘SAS/ACCESS 9.1 interface to PeopleSoft: user’s guide.’ (SAS Institute: Cary, NC). 2009.

SILVA, E. P.; SAKOMURA, N. K.; ARAÚJO, J. A.; HAUSCHILD, L.; MALHEIROS, E. B.; DORIGAM, J. C. P. Description of the potential for nitrogen retention in pullets by different methodologies: maximum deposition and estimates of intake of methionine + cystine. *Ciência Rural* 43, 2070–2077. 2013.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análises de Alimentos: Métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p. 2002.

STORCH, K. J.; WAGNER DA · BURKE JF · YOUNG VR. [1-13C; methyl-2H3] methionine kinetics in humans: methionine conservation and cystine sparing. American Journal the Physiology, Cambridge, v. 258, n. 5, p. 790-798, 1990.

TESSERAUD, S.; EVERAERT, N.; BOUSSAID-OM EZZINE, S.; COLLIN, A.; MÉTAYER-COUSTARD, S; BERRI, C. Manipulating tissue metabolism by amino acids. World's Poultry Science Journal, vol.67, n.2, p.243-251, 2011.

Considerações finais

As 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 para descrever o máximo potencial genético de retenção de nitrogênio, assim como o conhecimento das relações ideais de aminoácidos: lisina para aves de linhagem caipira são importantes 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.

O método de Goettingen possibilitou descrever o máximo potencial genético de retenção de nitrogênio para as fases inicial, crescimento e final, além de modelar as exigências de lisina para frangos de linhagem Redbro plumé. Através da técnica de balanço de nitrogênio também foi possível estimar as relações aminoácido: lisina para frangos de linhagem Redbro plumé.

Enfim, os resultados obtidos com este estudo sobre a retenção de nitrogênio, exigência de lisina e relação ideal para aves Redbro plumé, machos, nas fases inicial, crescimento e final da criação são de grande importância para o conhecimento científico sobre as bases fisiológicas das exigências nutricionais dessa linhagem comercial de ave para criação em sistema semi intensivo.