



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB/UFC/UFRPE**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA VALIDAR
EXIGÊNCIAS DE LISINA, TREONINA E METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS
PARA MATRIZES PESADAS**

CLEBER FRANKLIN SANTOS DE OLIVEIRA

**AREIA – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2013**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB/UFC/UFRPE**

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA
VALIDAR EXIGÊNCIAS DE LISINA, TREONINA E METIONINA+CISTINA
DIGESTÍVEIS PARA MATRIZES PESADAS**

CLEBER FRANKLIN SANTOS DE OLIVEIRA
Zootecnista

**AREIA – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2013**

CLEBER FRANKLIN SANTOS DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS MATEMÁTICOS
PARA VALIDAR EXIGÊNCIAS DE LISINA, TREONINA E
METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA MATRIZES
PESADAS**

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

Área de Concentração: Produção e Nutrição Animal

Comitê de Orientação:

Prof^o. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa – Orientador Principal
Prof^a. Dr^a. Nilva Kazue Sakomura – UNESP/Jaboticabal – Co-Orientadora
Prof^o. Dr. José Humberto Vilar da Silva – UFPB

AREIA – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2013

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, campus II, Areia – PB.*

O48a Oliveira, Cleber Franklin Santos de.

*Avaliação de diferentes métodos matemáticos para validar exigências de
lisina, treonina e metionina+cistina digestíveis para matrizes pesadas /
Cleber Franklin Santos de Oliveira. - Areia: UFPB/CCA, 2013.*

xxi, 72 f.

*Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2013.*

Bibliografia.

Orientador: Fernando Guilherme Perazzo Costa.

Coorientador: Nilva Kazue Sakomura

*1. Avicultura 2. Nutrição animal 3. Aminoácidos I. Costa, Fernando
Guilherme Perazzo (Orientador) II. Título.*

UFPB/CCA

CDU: 636.5(043.2)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “Avaliação de diferentes métodos matemáticos para validar exigências de lisina, treonina e metionina + cistina digestíveis para matrizes pesadas”

AUTOR: Cleber Franklin Santos de Oliveira

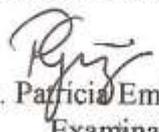
ORIENTADOR: Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa

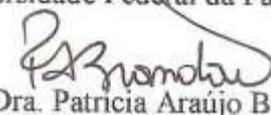
JULGAMENTO

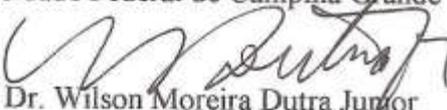
CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:


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


Profa. Dra. Patricia Emilia Naves Givisiez
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba


Profa. Dra. Patricia Araújo Brandão
Examinadora
Universidade Federal de Campina Grande


Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Junior
Examinador
Universidade Federal Rural de Pernambuco


Prof. Dr. Marcelo Luis Gomes Ribeiro
Examinador
Universidade Federal da Paraíba

Areia, 8 de fevereiro de 2013

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CLEBER FRANKLIN SANTOS DE OLIVEIRA - nascido na cidade de Areia, interior do estado da Paraíba, no dia nove do mês de agosto de 1978. Filho do Engenheiro Agrônomo Cláudio Franklin de Oliveira e da Professora e Assistente Social Maria Bernadete dos Santos Oliveira. Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio “Calrota Barreira” na cidade de Areia e o médio no Colégio Moderno 11 de Outubro na cidade de Campina Grande no ano de 1997. Em 22 de abril de 2003 ingressou no curso de bacharelado em Zootecnia pela Universidade Federal da Paraíba com a conclusão do curso no ano de 2008, no mesmo ano em que ingressou no Mestrado pelo Programa de Pós Graduação em Zootecnia na mesma instituição de Ensino Superior, concluindo em fevereiro de 2010 quando e março ingressou no curso de Doutorado pelo Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba, Universidade Federal Rural de Pernambuco e Universidade Federal do Ceará concluído em fevereiro do ano de 2013.

Minha vida é andar,
Por esse país
Pra ver se um dia
Descanso feliz
Guardando as recordações
Das terras onde passei
Andando pelos sertões
E dos amigos que lá deixei.

Chuva e sol
Poeira e carvão
Longe de casa
Sigo o roteiro
Mais uma estação

E a saudade no coração

Mar e terra
Inverno e verão
Mostre o sorriso
Mostre a alegria
Mas eu mesmo não

E a alegria no coração

DEDICATÓRIA

Dedico toda essa trajetória à minha mãe, Maria Bernadete, sinônimo de força, luta e perseverança, uma mulher que traz em sua bagagem de vida uma história de superação e conquistas realizadas com muito esforço.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus** pela sua grandiosa presença em todos os momentos de dificuldades, dando sempre força e coragem para superar os desafios, ausências e suprimindo as necessidades físicas e espirituais.

A **Nossa Senhora da Soledade**, minha mãe e protetora, que graças a Seu infinito poder, me ponho aqui presente, apesar de ter passado por momentos difíceis nos primeiros anos de vida a Quem tenho grande devoção e confiança nos momentos de superação.

Aos meus pais, **Cláudio e Bernadete** e minha Irmã **Claudete**, que me são como exemplos e me acompanham, me dando forças e incentivos para caminhar cada vez mais longe e conseguir meus ideais.

Ao professor e orientador **Fernando Guilherme Perazzo Costa**, que em mim confiou desde o tempo de Pibic na Graduação, Mestrado e Doutorado, servindo de fonte para meus conhecimentos, incentivando cada dia e me apoiando em todos os passos da minha formação pessoal, acadêmica e profissional.

A professora, **Nilva Kasue Sakomura**, que me coorientou, confiou e me deu a oportunidade de realizar este trabalho de tese.

A **Anny Graycy**, pelo apoio nos momentos de dificuldades e incentivo a conquistar meus objetivos.

Ao companheiro de experimentos **Danilo Makino**, que me foi um braço forte durante todos os experimentos.

Aos meus companheiros do **Geta**, Bruno, Clariana, Sarah, Roseane, Rafaela, Rafael, Lavosier, Leonilson, Guilherme, Ana Paula, Danilo Cavalcante que compartilharam comigo de momentos vividos nessa minha trajetória.

Agradecer aos colegas dos **Genutrim Unesp - Jaboticabal**, Edney, Anchieta, Daniella, Ana Carolina, Katiane, Bruna, Juliano, Luciano, Melina, Mirielen, Iris.

Agradecer aos amigos da **Republica Nordestina**, que me acolheram durante minha estadia em Jaboticabal, Tiago (Baianinho), Anderson (Sonson) e Anchieta.

Agradeço também, de uma forma toda especial, a dois grandes amigos, e porque não dizer irmãos, **Anchieta e Edney**, que enfrentaram junto comigo momentos bons, difíceis, auxiliando e intervindo sempre que necessário.

Agradeço a **Universidade Federal da Paraíba** que me deu todas as oportunidades para chegar até aqui.

Agradeço a **Universidade Estadual Paulista – Unesp Jaboticabal**, onde tive a oportunidade de conhecer e desenvolver este trabalho de tese.

Agradeço aos funcionários do Setor de Avicultura da UNESP, Robson, Isildo e Vicente, aos funcionários da fábrica de ração da Elinho e Sandra, pois estas pessoas foram de grande importância na condução deste trabalho e aos companheiros do Setor de Avicultura da UFPB, Josivaldo (Josa), José Ramalho, e Francisco Ademir.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)**, pelo apoio e financiamento para o desenvolvimento e realização deste trabalho de pesquisa e tese.

A **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)** e ao **Programa Nacional de Cooperação Acadêmica (PROCAD)** por financiar através de projetos conjuntos de pesquisa e também por proporcionar o intercâmbio científico.

Enfim, agradeço também àqueles que por um descuido da memória deixou de ser mencionado, no mesmo instante em que peço desculpas, pois também representaram grande importância nessa minha árdua e ao mesmo tempo feliz trajetória.

“Não existe esta coisa de homem feito por si mesmo. Somos formados por milhares de outros. Cada pessoa que alguma vez tenha feito um gesto bom por nós, ou dito uma palavra de encorajamento para nós, entrou na formação do nosso caráter e nossos pensamentos, tanto quanto do nosso sucesso.”

(George Matthew Adams)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiii
RESUMO GERAL	xv
GENERAL ABSTRACT	xvi
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
CAPÍTULO 1 - Referencial Teórico	3
Introdução	4
Suplementação de lisina na dieta de aves	5
Utilização de treonina na dieta de aves	7
Exigência de metionina+cistina para aves	10
Modelos matemáticos para determinar exigência para aves	13
Referências Bibliográficas	16
CAPÍTULO 2 – Exigência de lisina para matrizes de frangos de corte	22
Resumo.....	23
Abstract	24
Introdução	25
Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	29
Conclusão.....	35
Referências Bibliográficas	36
CAPÍTULO 3 – Exigência de treonina para matrizes de frangos de corte.....	38
Resumo.....	39
Abstract	40
Introdução	41
Material e Métodos	42
Resultados e Discussão	46
Conclusão.....	51
Referências Bibliográficas	52

CAPÍTULO 4 – Exigência de metionina+cistina para matrizes de frangos de corte 54

Resumo.....	55
Abstract	56
Introdução	57
Material e Métodos	58
Resultados e Discussão	63
Conclusão.....	70
Referências Bibliográficas	70

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2. Exigência de lisina para matrizes de frangos de corte

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas	27
Tabela 2. Consumo de lisina digestível (CLis), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADZ) de matrizes de frango de corte criadas em box.	30
Tabela 3. Equações ajustadas para produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de lisina (Lys) digestível para matrizes de frangos de corte.....	32
Tabela 4. Ingestão de lisina, massa de ovo (MO) e peso vivo em função dos níveis de lisina na dieta	34

Capítulo 3. Exigência de lisina para matrizes de frangos de corte

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas	43
Tabela 2. Consumo de treonina digestível (CTreo), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADZ) de matrizes de frango de corte criadas em box.....	46
Tabela 3. Equações ajustadas para produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de treonina (Treo) digestível para matrizes de frangos de corte.....	48

Capítulo 4. Exigência de metionina+cistina para matrizes de frangos de corte

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas	60
--	----

Tabela 2. Consumo de metionina+cistina digestível (CMet+Cis), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADZ) de matrizes de frango de corte criadas em box	63
Tabela 3. Equações ajustadas para consumo de ração (CR), produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de met+cis digestível para matrizes de frangos de corte	65
Tabela 4. Ingestão de lisina, massa de ovo (MO) e peso vivo em função dos níveis de lisina na dieta	67

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA VALIDAR EXIGÊNCIAS DE LISINA, TREONINA E METIONINA+CISTINA DIGESTÍVEIS PARA MATRIZES PESADAS

RESUMO GERAL: Objetivou-se com este trabalho avaliar diferentes métodos matemáticos para validar exigências de lisina, treonina e metionina+cistina digestíveis para matrizes pesadas. Para validar as recomendações nutricionais de cada aminoácido foram propostos dois métodos distintos baseado no dose resposta (polinomial e broken line) e fatorial. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com sete tratamentos sendo seis repetições com dez aves por box para lisina, quatro repetições com dez aves por box para treonina e sete repetições com uma ave por gaiola para metionina+cistina. O oitavo tratamento foi incluído apenas para comprovar se aminoácido em estudo estava como primeiro limitante nas dietas. Os tratamentos foram obtidos pela técnica de diluição. O período experimental foi de dez semanas de duração, onde seis primeiras foram para adaptação das aves às dietas e as quatro últimas para coletados dados. A partir das respostas a ingestão dos aminoácidos, estimou-se o coeficiente de massa de ovos pelo modelo de Reading para atender a proposta do modelo fatorial: $\text{Aminoácido (mg/ave/dia)} = (a.MO) + (b.PBm^{0,73} \cdot u) + (0,18.PP.z)$. Para lisina houve efeito significativo ($P < 0,05$) para consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos. Para treonina houve efeito significativo ($P < 0,05$) para consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos. Para metionina+cistina houve efeito significativo ($p < 0,05$) para consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos. As exigências pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad \cap BL e fatorial foram: para lisina 815, 564, 649 e 449mg/ave dia respectivamente, treonina 343, 594, 439 e 694mg/ave dia respectivamente e para metionina+cistina 471, 678, 571 e 673mg/ave/dia, respectivamente.

Palavras Chave: aminoácidos, predição, modelagem

**EVALUATION OF DIFFERENT MATHEMATICAL METHODS TO
VALIDATE REQUIREMENTS FOR LYSINE, THREONINE AND
METHIONINE + CYSTINE FOR BREEDERS**

General Abstract: The objective of this study was to evaluate different mathematical methods to validate requirements lysine, threonine and methionine plus cystine for broiler breeders. To validate the nutritional recommendations of each amino acid were proposed two different methods based on dose response (polynomial and broken line) and factorial. The experimental design was completely randomized with seven treatments with six replicates of ten birds per pen for lysine, four replicates with ten birds per pen for threonine and seven replicates with one bird per cage for methionine and cystine. The eighth treatment was only included to verify if amino acid in the first study were as limiting in diets. The treatments were obtained by dilution technique. The experiment lasted ten weeks, where the first six were for adaptation to the diets of birds and the last four for the data collected. From the answers the intake of amino acids, estimated the mass coefficient of eggs by the Reading model to meet the proposed factorial design: Amino acid (mg / bird / day) = (a.MO) + (b.PBm0, 73.u) + (0,18.PP.z). For lysine was no significant effect ($P < 0.05$) for feed intake, production, weight and egg mass, mass conversion and per dozen eggs. Threonine was no significant effect ($P < 0.05$) for feed intake, production, weight and egg mass, mass conversion and per dozen eggs. For methionine and cystine was no significant effect ($p < 0.05$) for feed intake, egg production, egg weight, egg mass, mass conversion and per dozen eggs. The requirements for the different regression models, broken line, $Quad \cap BL$ and factor were to lysine 815, 564, 649 and 449mg / day respectively bird, threonine 343, 594, 439 and 694mg / day respectively bird and methionine plus cystine 471 , 678, 571 and 673mg / bird / day, respectively.

Keyword: amino acids, modeling, pre

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura nos últimos anos vem demonstrando um crescimento interessante no mercado de produtos de origem animal, alcançando fatias cada vez mais expressivas.

Acompanhado a esse desenvolvimento, as boas práticas na produção aves vem oferecendo produtos de qualidade e em quantidade necessárias às exigências dos mercados nacional e internacional.

Vista como uma das vias de possível melhoria na produção, a redução nos níveis de proteína com suplementação de aminoácidos em rações para aves, compõem parcela significativa na alimentação e são determinantes da produtividade do lote, interferindo diretamente na lucratividade do empreendimento avícola.

A necessidade de mudar a maneira de formulação de dietas, recomendando uso de níveis digestíveis, utilizando aminoácidos na proporção ideal, de modo que não existam deficiências ou excessos.

Dietas equilibradas aliada à utilização de aminoácidos sintéticos permitem o melhor desempenho das aves, tornando-se prática comum a suplementação em dietas deficientes, permitindo reduzir a quantidade de proteína, resultando em rações mais eficientes e reduzindo as excreções de nitrogênio ao meio ambiente.

A combinação dos vários fatores, associado a uma adequada utilização dos ingredientes das dietas, para cada fase de produção, visando atender as exigências nutricionais específicas, reduzindo os custos que representa cerca de 70% da produção levando em foco contribuir para a preservação do ambiente são fatores importantes dentro da aquicultura.

Uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição de produtos melhores e mais econômicos, tanto na indústria como na pesquisa, é o uso da modelagem computacional, onde se procura transformar conceitos e conhecimentos

pertinentes em equações matemáticas e implementá-las por meio de processos lógicos, simulando situações reais em computador.

A modelagem matemática pode ser conceituada como um instrumento para descrever em situações reais e permitem uma análise para a adoção de estratégias que possibilitem melhores desempenhos, principalmente no que se refere a eficiência alimentar.

Diante do exposto objetivou avaliar avaliação de diferentes métodos matemáticos para validar exigências de lisina, treonina e metionina+cistina digestíveis para matrizes pesadas.

Capítulo 1
Referencial Teórico

Introdução

Durante muitos anos, as formulações de rações para aves e suínos estavam baseadas no conceito de proteína bruta resultando em dietas com conteúdo de aminoácidos superior aos requerimentos reais dos animais (Costa et al., 2001). Desta forma, níveis excessivos de proteína na ração não significam apenas alto custo da formulação, mas também problemas no desempenho produtivo destes animais (Araújo et al., 2002).

Com a disponibilidade econômica dos aminoácidos industriais, as dietas passaram a ser formuladas com níveis mais baixos de proteína e níveis de aminoácidos mais próximos das necessidades do animal, mantendo, porém, níveis de proteína ainda considerados altos (Cancherini et al., 2005).

Com os avanços em pesquisas científicas na área de nutrição, o conhecimento do metabolismo proteico e o surgimento de novos aminoácidos industriais produzidos em escala comercial, tornou-se possível formular rações com níveis reduzidos de proteína bruta, com o perfil aminoacídico mais próximo da exigência do animal, pois possíveis deficiências em aminoácidos, em virtude da redução do nível proteico das rações, podem ser corrigidas com a inclusão desses aminoácidos, (Gomide et al., 2009), uma vez que aves não têm requerimentos nutricionais para PB, e sim para cada um dos aminoácidos essenciais constituintes das proteínas e para uma quantidade de nitrogênio amino suficiente para a biossíntese de aminoácidos não essenciais (Goulart, 2010).

O conhecimento das exigências nutricionais por aminoácidos individuais permite mais precisão, oferecendo a possibilidade de substituir parcialmente a exigência do nível mínimo proteico por níveis mínimos de aminoácidos (Suida, 2001).

Segundo Cella et al. (2009), a suplementação de aminoácidos industriais nas rações comerciais tem proporcionado facilidades no ajuste das formulações,

possibilitando um melhor balanço entre os aminoácidos essenciais. Assim, a lisina, metionina, treonina e triptofano, que são considerados aminoácidos chaves, têm proporcionado aos nutricionistas, a possibilidade de formular rações ajustadas segundo as exigências específicas para cada fase de criação, otimizando o potencial de desempenho do animal (Haese et al., 2006).

Devido à alimentação controlada, a nutrição de matrizes é mais difícil de resolver do que a nutrição das aves que consomem ração ad libitum. Em particular, as experiências são difíceis de realizar, não só devido ao seu custo e a complexidade, mas também porque os níveis de desempenho podem ser tão facilmente influenciados pela escolha de programa de alimentação controlada. Nestas circunstâncias, os métodos de determinação da exigência de nutrientes são susceptíveis de ser de particular utilidade. (Fisher, 1998).

Suplementação de lisina na dieta de aves

O conhecimento das exigências em aminoácidos pode reduzir o custo econômico e biológico das pesquisas, destacando-se a possibilidade de obter exatidão nos valores usados na formulação de dietas ao fornecer aminoácidos dentro de uma amplitude aceitável com as recomendações nutricionais a partir da exigência média de um do lote, bem como a validação do impacto econômico dos regimes de alimentação (Ribeiro et al., 2008).

A determinação da real exigência de lisina é fator de grande importância para a moderna avicultura, pois permite a aplicação do conceito de proteína ideal à formulação de dietas para frangos de corte. A exigência de lisina pode ser influenciada por diversos fatores, dentre os quais se destaca a composição do ganho corporal que é responsável

pela diferença entre as exigências de machos e de fêmeas e entre aves de diferentes linhagens (Buteri et al 2009).

A lisina foi escolhida como aminoácido referência pelo fato de ser o primeiro aminoácido limitante na maior parte das dietas de suínos e o segundo aminoácido limitante na dieta de aves. Diferente dos demais aminoácidos, a lisina tem uma única função no metabolismo, qual seja a síntese de proteína, havendo uma grande quantidade de informação de exigência de lisina para suínos e aves (Parsons e Baker, 1994).

Assim a exigências dos aminoácidos pode ser estimado com base na lisina e sua escolha deve-se principalmente ao fato que seu metabolismo, a lisina ser usada quase que exclusivamente para acréscimo de proteína corporal (Pack, 1995).

Pesquisas sobre exigências em lisina para poedeiras, com o objetivo de alcançar eficiência produtiva satisfatória, têm sido realizadas, obtendo-se amplo espectro de respostas. Uma vez que o requerimento de lisina esteja estabelecido, as exigências de outros aminoácidos podem ser facilmente calculadas (Chung e Baker, 1992).

Estudos para determinar a exigência de lisina dentre os demais aminoácidos, são os mais importantes, pois considerando-se a proteína ideal, a lisina é para os nutricionistas a base para o ajuste dos demais aminoácidos. Nesse sentido, informações geradas cientificamente sobre a exigência de lisina contribuirão solidamente para uma tomada de decisão durante a formulação de rações para aves, uma vez que os demais aminoácidos acompanham na proporcionalmente (Rodríguez, 2001).

O equilíbrio entre os aminoácidos, principalmente lisina, aminoácidos sulfurados, treonina e triptofano, minimiza a excreção de nitrogênio, economizando energia para os processos de crescimento e manutenção (Penz e Viera, 1998).

Segundo Kidd e Kerr (1998), o excesso de lisina causa sintomas de deficiência de arginina, um aminoácido estruturalmente relacionado com a lisina. Isso ocorre devido a

competição pelos sítios de absorção intestinal e pelo antagonismo da lisina com a arginina no organismo.

A quantidade de lisina na dieta de poedeiras pode ser influenciada por alguns fatores dentre os quais podemos citar a variável utilizada para a sua determinação, por exemplo, se a variável utilizada for produção de ovos, o requerimento de lisina será menor que se for utilizada o peso dos ovos, outro fator seria o conteúdo de lisina dos ingredientes utilizados na composição das rações. Este conteúdo geralmente é fornecido por tabelas de composição de alimentos, que são largamente utilizadas na formulação de rações, sendo que existe tanto variação de composição entre as várias tabelas, como dos alimentos em função da região, época do ano, variedade, etc.

Os programas de seleção de poedeiras comerciais as tornam cada vez mais precoces e produtivas, sendo necessária a revisão constante das necessidades nutricionais destas aves, a fim de estimar, com maior precisão, suas exigências em aminoácidos (Barbosa, 1999) principalmente em relação a lisina.

Utilização de treonina na dieta de aves

Formular dietas que atendam às exigências de treonina é essencial para expressar o máximo potencial genético das aves e diminuir o desequilíbrio entre aminoácidos.

A treonina digestível deve ser considerada nas formulações de rações para poedeiras, uma vez que o excesso ou a deficiência desse aminoácido pode comprometer o desempenho das aves e o custo de produção (Schmidt et al., 2010).

Segundo Kidd et al. (2004), a treonina precisa ser considerada na formulação das dietas comerciais, pois o excesso é desperdiçado e sua deficiência diminui a eficiência de utilização dos aminoácidos sulfurados e da lisina.

A deficiência de treonina na dieta pode induzir alterações no crescimento, acúmulo de lipídios no fígado (esteatose hepática), além de manifestar distúrbios gástricos (má digestão,) e intestinais (má absorção), causando prejuízo no desenvolvimento animal.

Concordando com Fernandez et al. (1994), que afirmam que a exigência de treonina para manutenção é alta em relação aos demais aminoácidos em função de seu grande conteúdo nas secreções intestinais endógenas.

Estima-se que mais da metade da treonina consumida seja utilizada a nível intestinal, para as funções de manutenção, sendo primariamente utilizada na síntese de muco (Turane, 2010), então com a suplementação de treonina nas dietas, cerca de 53% da fração proteica presente na mucina é constituída por treonina. O intestino usa aproximadamente 60% da treonina dietética consumida primariamente para a mucina intestinal (Myrie et al., 2001).

O tipo e quantidade de mucina produzida no trato gastrointestinal influenciam as comunidades microbianas (por servir de substrato para a fermentação bacteriana e para fixação), a disponibilidade de nutrientes (via perda endógena de mucina, bem como pela absorção de nutrientes) a função imune (via controle da população microbiana e disponibilidade de nutrientes) (Corzo et al., 2007).

A deficiência de treonina pode comprometer o funcionamento do sistema digestivo e imunológico, além de reduzir sua disponibilidade para a síntese de proteína muscular (Ajinomoto, 2007).

Desta forma, a treonina está presente no epitélio gastrointestinal, em que determinam a dimensão da superfície de absorção intestinal, através das vilosidades, onde quanto maiores forem estas estruturas, melhor será o desempenho das aves. Portanto, quando o intestino responde a algum agente que causa um desequilíbrio no

processo de renovação e perda celular, ocorre uma modificação na altura dos vilos, e a treonina, como componente importante do muco, está relacionada com este processo, atuando diretamente na integridade e no desenvolvimento do intestinal.

A treonina é de fundamental importância ao metabolismo de deposição proteica, mas também é importante ao sistema imunológico dos seres vivos, sendo o aminoácido de maior proporção nas g-globulinas de aves, coelhos, humanos e suínos, representando de 8 a 11% do total das proteínas do sistema imune (Amezcu, 2006).

A imunidade humoral implica na secreção de imunoglobulinas (também chamadas anticorpos) pelos linfócitos B maduros do sangue. Depois de chegar ao local da infecção, as imunoglobulinas reconhecem, ligam-se e inativam seus antígenos. Como as mucinas, os anticorpos são glicoproteínas globulares que contêm alto nível de treonina (Low et al., 1979).

Devido ao alto teor de treonina nas imunoglobulinas é sugerido que a deficiência de treonina dietética afetaria a produção de imunoglobulinas, verificaram também o impacto do fornecimento de diferentes níveis de proteína sobre as secreções de anticorpos (Ajinomoto, 2003).

Segundo Cardoso e Tessari (2010), a nutrição como ferramenta para modular o sistema imunológico em aves, produzindo um estado ideal de imunidade nos últimos anos, tem se tornado um fato real não apenas em estados patológicos de imunodepressões, mas também para a manutenção de estados saudáveis, sem comprometimento do seu sistema imune, uma vez que recentes normas de mercado impossibilitam o uso de quimioterápicos na avicultura.

A lisina, como alguns nutrientes que participam intensamente da deposição de proteína corporal são menos expressivos para funções de defesa e passam a ter importância reduzida para o organismo animal, enquanto outros, que participam mais

expressivamente do sistema imune, como metionina, treonina, triptofano e arginina, passam a ser mais requerido sob tal circunstância (Oliveira Neto e Oliveira, 2009).

A utilização da treonina na dieta de aves, ajuda na manutenção da saúde do sistema imunológico, auxiliando no controle de várias infecções virais, bacterianas e fúngicas. Assim, a lisina, o triptofano e a treonina, contribuem para criar as condições favoráveis à formação de anticorpos, células NK (natural killer), macrófagos e células da série branca no organismo animal, fundamentais para sua defesa imunológica.

Segundo Oliveira Neto e Oliveira (2009), com a suplementação de aminoácidos como a treonina, há um aumento da atividade defensiva intestinal, que contribui para o aumento da proliferação de células de defesa, produção de anticorpos e aumento na secreção de mucinas, proteínas constituintes do muco entérico.

A porcentagem da treonina nas mucinas é particularmente importante nos casos de doenças entéricas quando ocorre aumento da secreção de mucinas para defesa contra os agentes patogênicos, que conseqüentemente promove aumento nas exigências nutricionais deste aminoácido (Montagne e Lalles, 2000).

Segundo Defa et al. (1999), avaliando concentração sanguínea de IgG e anticorpo anti-BSA em leitões, observaram que para a máxima resposta imunológica se faz necessário que os níveis de treonina estejam superiores aos níveis necessários para o máximo desempenho do animal.

Este resultado é de grande importância para as pesquisas atuais, uma vez que existem grandes pressões em restringir o uso de aditivos promotores de crescimento antimicrobianos. No entanto, com a utilização desses aditivos, nutrientes como a treonina, que favorecem o sistema imunológico, necessitam de reavaliações dos níveis recomendados, com o objetivo de amenizar os prejuízos com a retirada dos antimicrobianos (Paiano, 2007).

Exigência de metionina+cistina para aves

As exigências de metionina+cistina, assim como nos demais aminoácidos pode ser afetada por diversos fatores dietéticos, temperatura, desafio sanitário, manejo, idade e sexo, que atuam influenciando o consumo de alimento ou reduzindo a eficiência de utilização dos aminoácidos, o que pode fazer com que os requerimentos sejam diferentes dos observados em condições ideais (Geraert et al., 2002).

De acordo com Vieira et al. (2004), as exigências de metionina + cistina obtidas através de ensaios de dose-resposta são dependentes do nível de proteína dietético e da forma como a proteína é balanceada nas dietas experimentais.

A metionina é, normalmente, o primeiro aminoácido limitante em dietas práticas de poedeiras e sua suplementação fornece mecanismos de aumentar a eficiência da utilização da proteína (Schutte et al., 1983).

A metionina destaca-se, principalmente, como participante da síntese protéica, é precursora da cisteína, além de ser doadora de radicais metil (Warnick e Anderson, 1968). Está também envolvida em maior grau na síntese da queratina das penas, sendo que a cisteína é o maior componente da queratina, e está envolvida na sua conversão em cistina (Fisher et al. 1981). A metionina pode ser catabolizada à cistina pelo organismo, em um processo irreversível, sob condições normais, tem as funções de remover o excesso de metionina e superar a deficiência de cistina (Graber et al., 1971).

Assim após serem absorvidos, os aminoácidos sulfurados são utilizados pelas aves em inúmeras funções metabólicas, como constituintes primários dos tecidos e penas, importante função no isolamento corporal nas variações de temperaturas, na produção de anticorpos (Albino et al. 1999) e na produção e peso dos ovos.

Segundo Edmonds e Baker (1987), verificaram que o excesso de 4% de metionina em ração à base de milho e farelo de soja, provoca redução no ganho de peso, porém 0,5% de excesso de metionina sobre a exigência não prejudicaria o desempenho das aves (Han e Baker, 1993) afirma que em poedeiras, rações deficientes em metionina reduzem a produção e o peso dos ovos e ocasionando um aumento da deposição de gordura no fígado.

Segundo Jensen (1990), verificou que dietas contendo 20% ou menos de PB, conduzem à deficiências de metionina + cistina, resultando no aumento da deposição de gordura abdominal, esses resultados são possivelmente explicados pelo o aumento do consumo de ração, contribuindo com energia adicional e conseqüentemente ocasionando acréscimo na deposição de gordura corporal (Summers et al. (1992) e Moran (1994)).

A metionina é um importante fator no controle do tamanho do ovo, pois a poedeira consome energia para sustentar o número de ovos, mas o peso dos ovos depende dos níveis de aminoácidos da dieta, principalmente da quantidade de aminoácidos sulfurados (Harms, 1999).

Segundo Harms et al. (1998), verificaram que existe uma alta relação entre peso do ovo e qualidade da casca, a qual pode estar associada ao nível de metionina+cistina na ração, pois ocorre aumento no peso do ovo sem que haja alteração na deposição de casca.

Por outro lado, Silva et al. (1997) verificaram que as exigências de metionina+cistina aumentaram com a elevação do nível protéico da ração. Segundo Lemme (2005), o aumento nos níveis de um determinado aminoácido na ração melhorará o desempenho das aves até que um outro aminoácido se torne o primeiro limitante, sendo que as aves respondem a níveis elevados de proteína quando balanço correto de aminoácidos é

atingido. Com base nisso, para que padrões nutricionais adequados sejam obtidos, torna-se necessário considerar as relações existentes entre os aminoácidos presentes na ração.

O excesso de proteína deprime a eficiência de utilização da metionina, e demais aminoácidos, o que leva a um aumento na exigência desse aminoácido junto com o aumento da proteína da dieta (Silva et al. 1999).

Modelos matemáticos para determinar exigência para aves

Uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição de produtos melhores e mais econômicos, tanto na indústria como na pesquisa, é o uso da modelagem computacional. Essa metodologia que procura transformar conceitos e conhecimentos pertinentes em equações matemáticas e implementá-las por meio de processos lógicos, simulando situações reais em computador (Rondon et al., 2002).

Os modelos matemáticos têm sido muito utilizados na nutrição animal para estimar crescimento e as exigências nutricionais e são de grande interesse na produção animal (Hauschild, 2010).

A aplicação da modelagem na nutrição de aves tem considerado os aspectos fisiológicos nas descrições matemáticas, subsidiada por novas hipóteses que permitiram outros pesquisadores estudar as influências dos aminoácidos dietéticos sobre a resposta da ave e com a aplicação da matemática na nutrição aminoacídica por meios de modelos de predição (Silva, 2012).

Os modelos matemáticos de natureza linear ou não-linear podem ser utilizados para descrever as respostas de desempenho animal aos níveis de aminoácidos das dietas, entretanto, na experimentação avícola, os modelos mais comumente empregados têm sido os de natureza linear (Siqueira et al., 2009).

As exigências nutricionais para aves, normalmente, são determinadas pelo método dose resposta, avaliando-se o desempenho das aves a determinados níveis de ingestão de nutrientes (Sakomura et al., 2005).

Modelos empíricos, como o dose resposta, não permitem uma descrição detalhada das exigências aminoacídicas e a falta deste detalhamento pode levar pressupostos que nem sempre traduzem a dinâmica de crescimento dos diferentes tecidos das aves, sobretudo, corpo e penas. Os modelos empíricos são baseados apenas em correlações ou associações entre duas ou mais variáveis, sem levar em consideração os mecanismos que controlam o fenômeno (Rondon et al., 2002).

Segundo Sakomura e Rostagno (2007), este método não leva em consideração fatores como ambiente, clima e genética afetam a determinação das exigências, dificultando o estabelecimento dos níveis nutricionais, sendo necessário repetir as pesquisas em várias condições para melhor definição das exigências.

A eficiência de utilização dos aminoácidos pode ser obtida em ensaios dose resposta pela regressão linear da deposição corporal dos aminoácidos em função da ingestão dos mesmos (Siqueira, 2009).

Exigências de aminoácidos em ensaios dose resposta realizados com animais em crescimento, alguns autores sugeriram uma equação quadrática e o modelo broken line ajustados aos dados. A exigência é estimada objetivamente, estabelecendo-se o primeiro ponto de intersecção da curva quadrática com o platô do broken line (Euclides e Rostagno, (2001) e Baker et al. (2002)).

Desenvolvido por Curnow (1973) na Universidade de Reading, o Modelo de Reading, descrito por Fisher et al. (1973), baseia-se no princípio de que a resposta individual de um animal é descrita pelo modelo broken line, resultando numa série de respostas broken line para os animais de um lote, considerando-se que as respostas

máximas são diferentes entre os indivíduos, a curva resposta da população baseada nos desvios padrão da produção não é linear (Sakomura e Rostagno, 2007).

A eficiência em determinar as exigências nutricionais através de modelos mecanicistas e deterministas é comparada menor em relação aos modelos empíricos utilizados em condição de campo (Theodorou e France, 2000).

Quando se avalia a eficiência proteica e/ou energética para a produção de ovos, ou seja, o quanto que foi efetivamente depositada no corpo e no ovo, o método tradicional não consegue fracionar as exigências por ser muito conservador, devido às estimativas de manutenção, ganho e produção serem obtidas de forma conjunta (Jordão filho, 2008).

O método fatorial tem como princípio estimar as exigências de um nutriente pela soma das exigências para manutenção e produção estimadas para cada nutriente e seus precursores, considerando a eficiência com que cada nutriente é utilizado para cada função metabólica (Van Milgen e Noblet, 2003). Este método se apresenta sob a forma de vários modelos matemáticos, que possibilitam estimar as exigências em nutrientes, considerando diferentes características como genéticas, peso corporal ou fase de produção, nível de rendimento ou a capacidade de deposição de carne, aspectos relacionados ao ambiente e seus efeitos sobre os animais, e ainda, informações do potencial nutritivo dos alimentos e o efeito da complementaridade entre eles (Pomar e Dit Bailleul, 1999).

O modelo fatorial permite flexibilizar as exigências, podendo desta maneira calcular o nível nutricional adequado de cada animal de acordo com o desempenho esperado, evitando excessos ou deficiências que reduzam sua produtividade (Rostagno et al., 2005).

A utilização de modelos fatoriais que consideram diversas variáveis envolvidas proporcionando a elaboração de diferentes planos de alimentação mais adequados, uma

vez que os modelos consideram as diferenças entre linhagens, o estágio de produção, as regiões e a época do ano para predição das exigências nutricionais, facilitando a elaboração de tabelas de exigências nutricionais para poedeiras (Sakomura, 2005).

Modelos de fatoriais são ótimas ferramentas importantes no planejamento da alimentação e nutrição de aves, permitindo estimar o consumo de ração, simular tratamentos, compor dietas e prever as respostas de desempenho, como peso médio e necessidades nutricionais do plantel em diferentes fases de desenvolvimento biológico das aves (Silva et al., 2004).

Concordando com Marcato (2010), a modelagem matemática pode ser conceituada como um instrumento para descrever o desenvolvimento e o crescimento da carcaça e das partes que permitem uma análise para a adoção de estratégias que possibilitem melhores desempenhos, principalmente no que se refere ao aumento do ganho de peso e da eficiência alimentar.

O estudo dos modelos matemáticos é de suma importância, uma vez que estes são capazes de determinar respostas nos níveis nutricionais, relação custo benefício e a melhor eficiência no uso dos nutrientes das dietas.

Referências Bibliográfica

- AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION. [2003]. **Exigências de treonina para suínos. Benefícios da suplementação de L-treonina.** Disponível em: <http://www.lisina.com.br/upload/IT_10_port.pdf> Acesso em: set. 20, 2012.
- AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION. [2007]. **Importância da treonina na nutrição de suínos.** Disponível em: <http://www.lisina.com.br/upload/ArtigoTreonina_port.pdf> Acesso em: set. 2012.
- ALBINO, L.F.T.; SILVA, S.H.M.; VARGAS JR, J.G.; et al. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa: v.28, n.3, p.519-525, 1999.
- AMEZCUA, C.M. **L-Treonina em dietas para aves.** [2006]. Disponível em: <<http://www.lisina.com.br>> Acesso em: set. 15, 2012.

- ARAÚJO, L. F. I; JUNQUEIRA O. M.; ARAÚJO C. S. S.; et al. Diferentes critérios de formulação de rações para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, vol.4, no.3, 2002.
- BAKER, A.H.; EDWARDS, D.R.; MURPHY, G. Metalloproteinase inhibitors: biological actions and therapeutic opportunities. **Journal Cell Science**, v.115, p.3719-3727, 2002.
- BARBOSA, B.A.C.; SOARES, P.R.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência Nutricional de Lisina para Galinhas Poedeiras de Ovos Brancos e Ovos Marrons, no Segundo Ciclo de Produção. 2. Características Produtivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.534-541, 1999.
- BUTERI, C.B.; TAVERNARI, F.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de lisina, planos nutricionais e modelos matemáticos na determinação de exigências de frangos de corte. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.2, p.48-61, 2009.
- CANCHERINI, L. C.; JUNQUEIRA, O. M.; OLIVEIRA, M. C. et al. Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base em proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p. 535-540, 2005.
- CARDOSO, A.L.S.P.; TESSARI, E.N.C. [2010]. **Nutrição e imunidade em aves**. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/artigos_ok.php?id_artigo=130> Acesso em: out.05,2012.
- CELLA, P. S.; MURAKAMI, A. E.; FRANCO, J. R. G. Níveis de lisina digestível em dietas baseadas no conceito de proteína ideal para frangos de corte na fase inicial. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.1, p.101-106, 2009.
- CHUNG, T.K.; BAKER, D.H. Ideal amino acid pattern for 10-kilogram pigs. **Journal of animal science**, v.70, p.3102-3111, 1992.
- CORZO, A. KIDD, M.T.; DOZIER III, W.A. et al. Dietary threonine needs for growth and immunity of broilers raised under different litter conditions. **The journal of applied poultry research**, v.16, n.4, p.574-582, 2007.
- 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**, vol.30, no.5, 2001.
- CURNOW, R. N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, v.29, p.1-10, 1973.
- DEFA, L.; CHANGTING, X.; SHIYAN, Q. et al. Effects of dietary threonine on performance, plasm parameters and immune function of growing pigs. **Animal feed science and technology**, v.78, p.179-188, 1999.
- EDMONDS, M.S.; BAKER, D.H. Amino acid excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine or leucine. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1664- 1671, 1987.

- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. Nutrição de aves e suínos. In: Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina, 1. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: 2002, p.77-88.
- FERNANDEZ, S.R. AOYAGI, S.; HAN, Y.; et al. Limiting order of amino acid in corn and soybean meal cereal for growth of the chick. **Poultry science**, v.73, p.1887-1896, 1994.
- FISCHER, M. L et al. Crecimiento y composición del plumaje de los pollos broiler. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, p.769-773, 1981.
- FISHER, C. Amino Acid Requirements of Broiler Breeders. **Poultry Science**, v.77, p.124-133, 1998.
- FISHER, C.; MORRIS, T. R.; JENNINGS, R. C. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. **British Poultry Science**, v. 14, n. 5, p. 469 - 484, 1973.
- GERAERT, P.A., MANSUY, E., JAKOB, S., et al. Nutritional Concepts to determine amino acid requirement for poultry. 11th **European Poultry Congress**. Bremen, Germany, Cd, 9p, 2002.
- GOMIDE, E. M.; RODRIGUES, P. B.; LIMA, G. R. F.; et al. Desempenho de frangos de corte no período de 8 a 21 dias de idade submetidos a rações com níveis reduzidos de nutrientes suplementadas com fitase e aminoácidos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Paraná: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2009.
- GOULART, C.C. **Utilização de aminoácidos industriais e relação aminoácidos essenciais: não essenciais em dietas para frangos de corte**. 2010. 141f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- GRABER, H.G.; SCOTT, H.M.; BACKER, D.H. Sulfur amino acid nutrition of the growing chick: Effect of age on the capacity of cystine to spare dietary methionine. **Poultry Science**, v.50, p.1450-1455, 1971.
- HAESE, D.; DONZELE, J.L.; OLIVEIRA, R.F.M. et al. Níveis de triptofano digestível em rações para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne na carcaça dos 60 aos 95 kg. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.6, p.2309-2313, 2006.
- HAN, Y.; BAKER, D.H. Effects of sex, heat, stress, body weight and genetic strain on the lysine requirement of broilers chicks. **Poultry Science**, v.72, n.4, p.701-708, 1993.
- HARMS, R.H. **Proteína (aminoácidos) para poedeiras**. In: Simpósio internacional sobre nutrição de aves. Campinas: Fundação Apinco de ciência e tecnologia avícola, p.111-122, 1999.
- HARMS, R.H.; RUSSEL, G.B. The influence of methionine on commercial laying hens. **Journal of applied poultry research**, v.7, n.1, p.45-52, 1998.

- HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 2010. 142f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan, and threonine. **Pig News Productions Animal**, v.1, p.65-74, 1998.
- JENSEN, L. S. Concepts of amino acid and protein nutrition in poultry. In: COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1990, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 1990. p. 99 - 108.
- JORDÃO FILHO, J. Estimativas das exigências de proteína e de energia para manutenção, ganho e produção de ovos em codornas. 2008. 180f. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- KIDD, M.T.; CORZO, A; HOEHLER, D. et al. Threonine needs of broiler chickens with different growth rates. **Poultry science**, v.83, p.1368-1375, 2004.
- KIDD, M.T.; KERR, B.J. Dietary arginine and lysine ratios in large White toms. Lack of interaction between arginine:lysine ratios and electrolyte balance. **Poultry science**, v.77, p.864-869, 1998.
- LEMME, A. Optimum dietary amino acid level for broiler chicken. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2005, Viçosa. **Anais...** Viçosa, UFV, p.117-144, 2005.
- LOW, T.L.K.; LIU, Y.S.V.; PUTNAM, F.W. Primary structure of a human IgA1 immunoglobulin II. Isolation, composition and amino acid sequence of the tryptic peptides of the whole alpha 1 chain and its cyanogens bromide fragments. **The journal of biological chemistry**, v.254, p.2850-2858, 1979.
- MARCATO, S. M. et al. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p. 1082-1091, 2010.
- MONTAGNE, L.; LALLES, J.P. Digestion des matiérs azotées végétales chez le veau préruminant. Qualification des matiérs azotées endogènes et importance des mucines. **INRA Production Animal**, v.13, n.5, p.315-324, 2000.
- MORAN, E.T. Response of broiler strains differing in body fat to inadequate methionine: Live performance and processing yields. **Poultry Science**, v.73, p. 1116–1126, 1994.
- MYRIE, S.B.; BERTOLO, R.F.P; MÖHN, S. et al. Threonine requirement and availability are affected by feeds that stimulate gut mucin. **Advances in prok production**, v,12, 23, 2001.
- OLIVEIRA NETO, A.R.; OLIVEIRA, W.P. Aminoácidos para frangos de corte. **Revista brasileira de zootecnia**, v.38, p.205-208, 2009.

- PACK, M. Proteína ideal para frangos de corte: conceitos e posição atual. In: Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas, Campinas, **Trabalhos de Pesquisa...**Campinas: FACTA, p. 95-110, 1995.
- PAIANO, D. **Relações treonina:lisina digestíveis e níveis de energia líquida para suínos**. 2007. 89f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Paraná.
- PARSONS, C.M., BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...**Maringá: [s.n.], p.119-128, 1994.
- PENZ JUNIOR, A.M.; VIEIRA, S.L. Nutrição na primeira semana. In: Conferência Apinco de ciência e tecnologia avícola, 1998. Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e tecnologias avícolas, 1998, p.121.
- POMAR, C.; BAILLEUL, D.P.J. et al. **Determinación de las necesidades nutricionales de los cerdos de engorde: Límites de los métodos actuales**. XV CURSOS DE ESPECIALIZACIÓN AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL. Madrid, España:Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. V.301 p. 253-276, 1999.
- RIBEIRO, L.B.; ARRUDA, A.M.V; PEREIRA, E.S.; et al. Técnica de indicador de oxidação de aminoácidos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.4, p.973-982, 2008.
- RODRIGUEIRO R.J.B. **Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas em crescimento**. 2001. 188f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.
- RONDÓN, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; SAKAGUTI, E.S. Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.1, p.199-207, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K., BASAGLIA, R., SÁ-FORTES, C.M.L. et al. Modelos para Estimar as Exigências de Energia Metabolizável para Poedeiras. **Revista Brasileira de zootecnia**, v.34, n.2, p.575-583, 2005.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SCHMIDT, M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais de treonina digestível para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.1099-1104, 2010.
- SCHUTTE, J.B. VAN WEERDEN, E.J.; BERTRAM, H.L. Sulfur amino acid requirement of laying hens and the effect of excess dietary methionine on laying performance. **British poultry science**, v.24, p.319-326, 1983.

- SILVA, E.P. **Modelos de crescimento e das respostas de frangas de postura submetidas a diferentes ingestões de aminoácidos sulfurados.** 2012. 227f. tese. (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Universidade Estadual, Jaboticabal.
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; JORDÃO FILHO, J.; et al. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1209-1219, 2004.
- SILVA, M. A.; ALBINO, L. F.T.; ROSTAGNO, H.S. Níveis de metionina + cistina e de proteína bruta para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n. 2, p. 350-356, 1997.
- SILVA, S.H.M.; ALBINO, L.F.T.; VARGAS JR, J.G. et al. Níveis de metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.519-525, 1999.
- SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.
- SUIDA, D.I. Proteína ideal, energia líquida e modelagem. In: Simpósio Internacional de Nutrição Animal, 2001, Santa Maria, **Anais...** Santa Maria, 2001.
- SUMMERS, J.D.; SPRATT, D.; ATKINSON, J.L. Broiler weight gain and carcass composition fed diets varying in amino acid balance, dietary energy, and protein level. **Poultry Science**, v.71, p.263-273, 1992.
- THEODOROU, M. K.; FRANCE, J. **Feeding systems and feed evaluation models.** Wallingford, UK: CAB publishing, 2000. 481 p.
- TURANE, C.B.G.S. **Treonina na nutrição de frangos de corte: revisão de literatura.** Seminário apresentado junto a disciplina Seminários aplicados do programa de Pós graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás, 2010.
- VAN MILGEN, J., J. NOBLET. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal Animal Science**, v.81, p.86–93. 2003.
- VIEIRA, S.L.; LEMME A.; GOLDENBERG D.B.; eta al. Responses of Growing Broilers to Diets with Increased Sulfur Amino Acids to Lysine Ratios at Two Dietary Protein Levels. **Poultry Science**, v.83, p.1307–1313, 2004.
- 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

Exigência de lisina para matrizes de frangos de corte

Modelos matemáticos para estimar da exigência de lisina para matrizes pesadas

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes modelos matemáticos para determinar a exigência de Lisina digestível para matrizes pesadas. Para validar as recomendações nutricionais de Lisina (Lys) foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no dose resposta (polinomial e broken line) e fatorial. Foram utilizadas 480 aves da linhagem Cobb, a partir de 86 semanas de idade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído com oito tratamentos, seis repetições com dez aves cada. O oitavo tratamento foi incluído para confirmar que a lisina estava limitante, sendo os níveis obtidos pela técnica de diluição. O experimento teve dez semanas de duração, onde as quatro últimas foram para coleta de dados. A partir das respostas a ingestão de Lys, estimou-se o coeficiente de massa de ovos pelo modelo de Reading para atender a proposta do modelo fatorial: $\text{Lisbox (mg/dia)} = (12,12.MO) + (32,3.PBm0^{.73}.u) + (0,01.PP.18)$. Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos, mostrando um bom ajuste dos modelos. A exigência de lisina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad+bl e fatorial foram de 815, 564, 649 e 449mg/ave dia respectivamente.

Palavras chave: aminoácidos, modelagem, predição

Mathematical models to estimate the lysine requirement for broiler breeders

Abstract: The objective of this study was to evaluate different mathematical models to determine the requirement of digestible lysine for broiler breeders. To validate the nutritional recommendations of lysine (Lys) were proposed two different methods to determine the requirements based on dose response (polynomial and broken line) and factorial. 480 Cobb broilers were used from 86 weeks old. The design was completely randomized, consisting of eight treatments, six replicates with ten birds each. The eighth treatment was included to confirm that lysine was limiting, with the levels achieved by dilution technique. The experiment had ten weeks, where the last four were for data collection. From the answers intake Lys, estimated the mass coefficient of eggs by the Reading model to meet the proposed factorial design: $Lisbox \text{ (mg / day)} = (12,12.MO) + (32.3. PBm0,73.u) + (0,01.PP.18)$. There was significant effect ($P < 0.05$) for feed intake, production, weight and egg mass, mass conversion and per dozen eggs, showing a good fit of the models. The lysine requirement for arrays of broilers determined by different mathematical models of regression, broken line, quad + bl and factor were 815, 564, 649 and 449mg / day respectively bird.

Key words: amino acids, modeling, prediction

Introdução

A suplementação com aminoácidos sintéticos nas rações tem propiciado facilidades em ajustar as formulações, possibilitando a obtenção dos níveis exigidos de aminoácidos mais próximos da exigência dos animais.

Estabelecer as exigências de lisina digestível com uso de níveis adequados nas dietas, um dos pontos chave na nutrição de aves, uma vez que estas exigências podem ser influenciadas por diversos fatores como sexo (macho e fêmeas), idade e entre aves de diferentes linhagens.

A necessidade de instrumentos práticos para descrever as exigências nutricionais aves, vem sendo buscada na finalidade de formular dietas mais precisas que atendam as exigências sem excesso ou deficiência.

Os modelos matemáticos utilizados na determinação dos níveis ótimos dos nutrientes na dieta podem ser interpretados como ferramentas que estimam concentrações de aminoácidos para máxima resposta das quais o excesso não serão observadas respostas adicionais no desempenho das aves.

Segundo Gous (1998), os modelos matemáticos devem ser capazes de calcular as exigências nutricionais necessárias para que as aves atinjam o potencial produtivo e também descrever as consequências dos desvios em cada condição.

A modelagem matemática é a abstração e simplificação da realidade capaz de integrar as principais interações e comportamento do sistema estudado, apta a ser manipulada com o objetivo de prever as consequências da modificação de um ou de vários parâmetros sobre o comportamento do sistema (Spedding, 1988).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo avaliar modelos matemáticos para estimar exigência de lisina para matrizes de frangos de corte.

Material e Métodos

Para validar as recomendações nutricionais de lisina para matrizes de corte Cobb foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no método dose resposta e fatorial.

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal/SP. O período experimental foi de 70 dias. Foram utilizadas 480 aves da linhagem Cobb, a partir de 86 semanas de idade após muda. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído com oito tratamentos, seis repetições, sendo 10 aves por box experimental.

Para determinar os níveis dietéticos de lisina foi formulada uma dieta a base de milho e farelo de soja com 7,33g/kg de Lisina que corresponde a 20% acima da exigência e os outros aminoácidos excedendo em 40% a relação de proteína ideal recomendada por Rostagno et al. (2005), em seguida esta dieta foi diluída com uma outra formulada isenta de proteína proposta por Fisher e Morris (1970), constituindo os níveis 2,20; 2,93; 3,67; 4,40; 5,13; 6,60 e 7,33g/kg de lisina para cada tratamento, apresentados na tabela 1. O oitavo tratamento foi incluído apenas para comprovar se a lisina era o primeiro limitante nas dietas, obtido a partir da suplementação 7mg de lisina sintética por quilo de ração.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas

Ingredientes	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Farelo de soja	6,657	8,866	11,106	13,315	15,524	19,972	22,181
Milho	17,608	23,451	29,373	35,216	41,059	52,824	58,667
Farelo de trigo	2,821	3,757	4,706	5,643	6,579	8,464	9,400
Oleo de soja	4,581	4,110	3,633	3,162	2,691	1,743	1,272
Fosfato Bicálcico	1,233	1,172	1,111	1,050	0,989	0,867	0,806
Calcário	6,062	6,107	6,152	6,197	6,242	6,331	6,376
Sal comum	0,384	0,383	0,381	0,380	0,379	0,376	0,375
DL- Metionina	0,081	0,108	0,135	0,162	0,189	0,243	0,270
L-Isoleucina	0,047	0,063	0,079	0,094	0,110	0,141	0,157
Premix Vit.	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
Cl. de Potássio	0,890	0,764	0,635	0,508	0,382	0,127	
Inerte	7,698	6,603	5,493	4,397	3,302	1,095	
L-valina	0,027	0,036	0,045	0,053	0,062	0,080	0,089
L-tript	0,006	0,008	0,011	0,013	0,015	0,019	0,021
Premix Mineral	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Treonina	0,047	0,062	0,078	0,094	0,109	0,140	0,156
Amido	32,833	28,160	23,425	18,753	14,080	4,672	
Açúcar	10,498	9,004	7,490	5,996	4,502	1,494	
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Casca de arroz	8,295	7,115	5,918	4,738	3,558	1,180	
Total	100	100	100	100	100	100	100
Energia Metabolizável, kcal/kg	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína Bruta (%)	5,19	6,85	8,53	10,18	11,84	15,17	16,835
Cálcio (%)	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730
Sódio (%)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
Cloro (%)	0,242	0,246	0,250	0,254	0,258	0,265	0,269
Fósforo disponível (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Potássio (%)	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Met+Cis dig. (%)	0,224	0,298	0,373	0,447	0,521	0,671	0,745
Metionina dig. (%)	0,151	0,201	0,252	0,303	0,353	0,454	0,504
Lisina dig. (%)	0,220	0,293	0,367	0,440	0,513	0,660	0,733
Triptofano dig. (%)	0,059	0,079	0,099	0,118	0,138	0,177	0,197
Treonina dig. (%)	0,208	0,277	0,347	0,416	0,485	0,624	0,693
Valina dig. (%)	0,231	0,308	0,386	0,462	0,539	0,693	0,770
Isoleucina dig. (%)	0,231	0,308	0,386	0,462	0,539	0,693	0,770
Leucina dig. (%)	0,406	0,540	0,677	0,812	0,946	1,217	1,352

Premix mineral por kg de ração: Mn, 60 g; Fe, 80 g; Zn, 50 g; Cu, 10 g; Co, 2 g; I, 1 g; e veículo q.s.p., 500 g. Premix vitamínico (Concentração/kg): Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D3 - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B1 - 2,0 g, it.B2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B12 - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Selênio - 250 mg, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Para atender a proposta do método dose resposta os parâmetros avaliados foram: consumo de lisina (mg/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), produção (%) alculada dividindo-se a quantidade total de ovos número de aves, massa de ovo

(g/ave/dia) realizado pelo produto da produção de ovos e o peso médio dos ovos por parcela, conversão alimentar por massa (kg/kg) calculada pela relação entre consumo de ração e massa de ovo produzida e conversão por dúzia de ovos (kg/dúzia) calculada pela a relação entre o consumo de ração e a produção e o resultado dividido por 12, foram submetidos a análise de variância de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + Lys_i + \varepsilon_{ij}$; em que Y_{ij} = é a ij-ésima observação; μ = efeito da média geral; Lys_i = efeito do i-ésimo nível de lisina digestível; ε_{ij} = é o erro aleatório (erros de medida, fatores não controláveis, diferenças entre as unidades experimentais), considerando um nível de 5% de significância após ser testadas e atendidas as pressuposições de normalidade e homocedasticidade dos dados.

Para o ajuste dos modelos utilizou-se as respostas para as variáveis anunciadas com dois modelos, sendo um contínuo, polinomial quadrático, e outro, descontínuo, broken line.

1 – Polinomial quadrático (Quad): $Y_{ij} = c + bLys + aLys^2 + \varepsilon_{ij}$, em que c = constante da regressão ou intercepto, b = parâmetro da regressão para componente linear; e a = parâmetro da regressão para o componente quadrático.

2 – Broken Line (BL): $Y_i = L + U (R - Treoi) + ei$, $i = 1, 2, \dots, n_1, n_1+1, \dots, n$ em que $(R - Treoi) = 0$ para $i = n_1 + 1$; n_1 = número de observações até o ponto de quebra; n = número de pares de observações; Lys_i = nível de lisina da ração; L = produção estimado no platô; U = inclinação da reta ascendente; R = nível de lisina estimado pelo ponto de quebra.

Para cada variável de desempenho, os níveis ótimos de treonina estimados com base no modelo broken line foram obtidos no ponto em que uma perpendicular é baixada na intersecção da reta ascendente com a resposta assintótica do modelo, platô, encontra o eixo da abscissa. Para o modelo polinomial quadrático os níveis

ótimos de treonina foram obtidos igualando-se a primeira derivada da equação a zero.

A primeira intersecção do modelo polinomial quadrático com a assíntota do modelo broken line foi considerada como critério para definir a exigência do aminoácido teste e foi obtida conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

Para a proposta do método fatorial o período experimental foi dividido em 42 dias para adaptação das aves às dietas experimentais e os coeficientes de respostas obtidos para massa de ovo e peso vivo foram considerados entre a sexta e décima semana e analisados por meio do programa computacional EFG Software (2006) no módulo amino acids optimize por meio do Reading Model, para atender a proposta do modelo:

$$\text{Lys (mg/dia)} = (a \cdot \text{MO}) + (b \cdot \text{PBm}^{0,73} \cdot u) + (0,01 \cdot \text{PP} \cdot \text{Lys});$$

Em que, Lys é a exigência de lisina digestível (mg/dia); b é o coeficiente para a manutenção da proteína do corpo depenado; PBm é o peso de proteína corporal à maturidade (kg); u é o grau de maturidade da proteína corporal ($u = \text{PBt}/\text{PBm}$); PP é o peso de proteína das penas (g); Lys é o conteúdo de lisina na proteína das penas (mg/g); O modelo parte do pressuposto que a composição em aminoácidos das penas difere da composição do corpo depenado de acordo com Emmans & Fisher, 1986.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS 9.0 (2002), por meio dos procedimentos PROC GLM para análise de variância, PROC REG para ajuste do modelo quadrático e PROC NLIN para ajuste do Broken Line.

Resultados e Discussão

O efeito quadrático em relação aos níveis nutricionais de lisina sobre o consumo de ração, provavelmente se deve ao fato de que a amplitude dos níveis utilizados foram

suficientes para agir sobre o mecanismo bioquímico subjacente ao efeito anoréxico (D’Mello, 1994) associado ao maior nível (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de lisina digestível (CLis), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADZ) de matrizes de frango de corte criadas em box.

Níveis g/kg	CLis	CR	PR	PO	MO	CAMO	CADZ
	mg/ave/dia	g/ave/dia	%	g	g	g/g	g/dúzia
2,20	309,487	144,329	47,929	64,464	31,214	5,319	4,126
2,93	430,472	146,919	55,929	67,753	37,092	4,101	3,397
3,67	542,092	147,709	61,342	68,042	41,585	3,619	2,938
4,40	645,431	148,976	67,228	69,687	43,052	3,464	2,874
5,13	759,786	148,624	62,339	70,379	43,595	3,423	2,874
6,60	982,901	148,924	69,777	69,981	48,421	3,091	2,574
7,33	1086,309	147,573	67,801	68,339	48,473	3,210	2,652
Média	633,034	146,620	59,771	67,995	40,462	3,961	3,203
Efeito	L*	Q*	Q*	Q*	Q*	Q*	Q*
CV %	1,58	4,83	7,27	1,69	6,29	10,62	11,13

L=Efeito Linear; Q=Efeito Quadrático; CV=Coefficiente de Variação; *=Significância a 5%

Segundo Cieslak e Benevenga (1984), o consumo de ração é importante para avaliar o efeito do desequilíbrio de aminoácidos, esse efeito foi evidente quando avaliados diferentes níveis de lisina. Assim, a medida que aumentou o nível de lisina as aves aumentaram a ingestão de ração mostrando um efeito quadrático ($P < 0,05$) com maior consumo no nível de 6,60g/kg de lisina na ração.

A deficiência aminoacídica, provoca a diminuição na concentração do aminoácido limitante no plasma, que ocasiona um sinal que é enviado ao cérebro, encarregado de ativar os mecanismos responsáveis pela redução no consumo de alimentos (Austic, 1986).

Segundo Schmidt et al. (2009), considerando a digestão e o metabolismo de aminoácidos em excesso resultam em um aumento calórico corporal desnecessário, demandando com isso uma maior quantidade de energia para excreção do nitrogênio, o que provoca excretas mais aquosas e problemas de manejo ambiental.

Por outro lado, a deficiência de aminoácidos, em aves adultas traz como consequência o catabolismo da proteína corporal, principalmente da proteína presente na musculatura esquelética (Klasing, 1998).

A produção e o peso do ovo foram influenciados significativamente ($P < 0,05$), respondendo aos níveis de lisina na ração. A produção e o peso de ovos respondem similarmente ao aumento dos níveis de aminoácidos limitantes e PB da ração, mas, quando o nível está abaixo da exigência, a taxa de postura é mais prejudicada pela deficiência de proteína e aminoácidos (Morris e Gous, 1988).

O alto nível de proteína e do conteúdo de aminoácidos na dieta exerce um efeito marcante no tamanho dos ovos (Coon, 2002).

Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para massa de ovos, respondendo positivamente ao aumento nos níveis de lisina na ração. A maior massa de ovo foi observada nas aves que receberam 7,33g/kg de lisina na ração. Mostrando uma possível utilização da proteína e aminoácidos da ração.

Segundo Harms e Ivey (1992), afirmaram que as exigências diárias de lisina para produção de ovos, peso dos ovos e produção de massa do ovo para matrizes de corte no período de produção, eram de 824, 805 e 820 mg, respectivamente, quando a ingestão de proteína era maior do que 18,6 g/ave/dia.

Para conversão alimentar por dúzia e massa de ovos, a medida que elevou o nível de lisina nas dietas, esses parâmetros melhoraram significativamente. Este resultados podem estar associado ao efeito nutricional das dietas. Uma vez que a presença do potássio em dieta com alto teor de proteína bruta é maior devido a sua relação com o farelo de soja, este fato pode proporcionar diferentes respostas fisiológicas aos animais.

A melhor eficiência da utilização da proteína e de aminoácidos dietéticos pelas aves pode proporcionar o suprimento adequado às suas exigências nutricionais, podendo

regular o tamanho dos ovos e reduzir os efeitos da poluição ambiental pela redução da excreção de nitrogênio, além da possibilidade de redução nos custos de produção (Pavan et al., 2005).

As equações de resposta ao consumo de lisina digestível estimadas por meio da equação quadrática e broken line para as variáveis de desempenho apresentadas na tabela 3, mostram que os modelos proporcionaram bons ajustes, evidenciados pelos respectivos R², entretanto, os níveis estimados pelos diferentes modelos.

Tabela 3. Equações ajustadas para produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de lisina (Lys) digestível para matrizes de frangos de corte.

Model	CR, g	Lys	R ²
BL	CR = 148,6 – 208678 (0,397 - Lys)	399	0,73
Quad	CR = 136,701 + 45,792Lys – 41,977Lys ²	545	0,79
Quad∩BL	136,701 + 45,792Lys – 41,977Lys ² = 148,6	426	---
PR, %			
BL	PR = 66,48 – 88,92 + (0,421 – Lys)	421	0,72
Quad	PR = 24,57 + 134,54Lys – 103,17Lys ²	652	0,73
Quad∩BL	24,57 + 134,54Lys – 103,17Lys ² = 66,48	514	---
PO, g			
Quad	PO = 52,26 + 0,037Lys – 0,000002Lys ²	811	0,74
MO (g/g)			
BL	MO = 46,42 – 0,036 + (706,1 – Lys)	706	0,79
Quad	MO = 16,07 + 0,059Lys – 0,000002Lys ²	1086	0,83
Quad∩BL	16,07 + 0,059Lys – 0,000002Lys ² = 46,42	826	---
CAMO (g/g)			
BL	CAMO = 3,31 + 0,007 + (569 – Lys)	569	0,79
Quad	CAMO = 7,99 – 0,011Lys + 0,000006Lys ²	893	0,78
Quad∩BL	7,99 – 0,011Lys + 0,000006Lys ² = 3,31	688	---
CADZ			
BL	CAMO = 2,75 + 0,005 + (566 – Lys)	566	0,71
Quad	CAMO = 5,93 – 0,007Lys + 0,000004Lys ²	908	0,70
Quad∩BL	5,93 – 0,007Lys + 0,000004Lys ² = 2,75	695	---

BL=Broken Line; Quad=quadrática.

Com base no modelo polinomial quadrático, as variáveis avaliadas para consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de

ovos, correspondem ao consumo de lisina de 545, 652, 1086, 893 e 908mg/ave/dia respectivamente. O ajuste do modelo polinomial quadrático foi feito a partir do desenvolvimento da parábola, onde é determinado o nível ótimo pelo ponto da máxima resposta que é obtido, quando se iguala a derivada da função a zero.

No modelo polinomial, os dados de resposta de nutrientes são baseados na suposição de que há certo nível de entrada, que resulta em desempenho máximo, como requisito.

Modelos polinomiais são fáceis de ajustar aos dados onde, apenas três níveis de entrada são necessários para as respostas quadráticas, mas três pontos não são suficientes para a curva ser utilizada de forma eficiente para estimar a resposta ou uma exigência com alguma confiança.

O ajustamento do broken line aos dados para a inclinação da reta, pode ser determinada por dois ou mais pontos, o platô é representado pela média aritmética dos pontos que o compõe o nível ótimo é determinado pelo ponto de intersecção entre a reta e o platô, sendo o melhor modelo aquele cuja soma dos quadrados dos desvios for a menor (Braga, 1983).

As diferenças entre as recomendações obtidas por meio dos modelos são resultados de suas pressuposições matemáticas. Neste contexto, é importante destacar que o broken line não admite a lei dos mínimos retornos, pois logo que se apresenta a “máxima resposta”, tem-se o platô. Já o modelo quadrático, tende a superestimar as exigências, assim, para uma estimativa acurada, os níveis a serem avaliados devem estar distribuídos de forma “equidistante” em relação à exigência da ave (Siqueira et al., 2009).

A primeira intersecção da equação quadrática com o modelo broken line indicou que a ingestão de lisina digestível foi 426, 514, 826, 688, 695mg/ave/dia para consumo

e ração, produção, peso do ovo conversão alimentar por dúzia e massa de ovos respectivamente.

Segundo Sakomura e Rostagno (2007), A exigência é estimada objetivamente, estabelecendo-se o primeiro ponto de intersecção da curva quadrática com o platô do broken line, onde o valor do intercepto x é calculado, igualando-se a equação quadrática com o valor do platô (y) estabelecido pelo broken line. Os autores afirmam ainda, que o nível ótimo é estimado com objetividade porque é determinado pela intersecção da curva quadrática com o platô do modelo broken line devidamente ajustado.

Os dados utilizados para elaboração do modelo de “Reading” são apresentados na tabela 4, as pressuposições de normalidade e homocedasticidade foram testadas e atendidas.

O Reading Model descreve resposta de grupos de poedeiras em diferentes níveis de ingestão de aminoácidos. Este modelo fundamenta-se na predição das exigências aminoacídicas em função do peso corporal e da resposta para produção de carne ou ovos. Sua equação inversa pode ser usada para auxiliar na explicação da curva resposta obtida em experimentos projetados para medir exigências de aminoácidos (Silva, 2012).

Tabela 4. Ingestão de lisina, massa de ovo (MO) e peso vivo em função dos níveis de lisina na dieta

Níveis de Lisina (%)	Ingestão de Lisina (mg)	MO (g)	Peso Vivo (kg)
0,220	290,22	24,36	3,745
0,293	424,26	32,10	3,875
0,367	539,05	39,16	3,970
0,440	628,61	40,53	4,052
0,513	750,47	41,36	4,068
0,660	977,65	44,08	4,128
0,733	1078,46	41,38	4,187

$$AALis/ave/dia = 32,3.PV + 12,12.MO$$

O Modelo de Reading, descrito por Fisher et al.(1973), baseia-se no princípio de que a resposta individual de um animal é descrita pelo modelo broken line, resultando numa série de respostas broken line para os animais de um lote (Sakomura e Rostagno, 2007).

Neste modelo, os coeficientes das equações representam as eficiências de utilização dos nutrientes para manutenção e produção, apresentando algumas vantagens: a) o modelo gerado com os animais experimentais, pode ser extrapolado para estimar a curva resposta de outro grupo de animais com diferentes potenciais de produção; b) é possível aplicar o modelo em uma série de dados de diversos experimentos e estimar melhor os coeficientes; c) pode-se obter as eficiências de utilização dos nutrientes com dados de um ensaio de alimentação (Sakomura e Rostagno, 2007).

O modelo fatorial foi obtido utilizando coeficiente de manutenção expresso com base no peso proteico e o coeficiente massa de ovo por meio do Reading Model.

$$\text{Lisbox (mg/dia)} = (12,12 \cdot \text{MO}) + (32,3 \cdot \text{PBm}^{0,73} \cdot u) + (0,01 \cdot \text{PP} \cdot 18)]$$

Nessa simulação, os modelos foram comparados aos modelos da literatura. Os modelos estimaram exigências em treonina de 449mg/ave/dia para matrizes similares ao modelo proposto por Gous et al. (1987).

Segundo Silva (2012), o método fatorial possibilita a partição dos aminoácidos, imprescindível para aplicação da modelagem na nutrição de aves.

O modelo fatorial baseia-se no indivíduo médio de uma população, e essa característica tem sido apontada como fator limitante quando se pretende otimizar a resposta da população (Silva, 2012; Hauschild et al., 2010).

Conclusão

A exigência de lisina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad+bl e fatorial foram de 815, 564, 649 e 449mg/ave dia respectivamente.

Referências Bibliográficas

- AUSTIC, R.E. **Nutrient requerimento of poultry nutrition research**. Edition Fisher and Boorman. Butterworths. London, 1986.
- BRAGA, J.M. **Avaliação de fertilidade do solo**. UFV. Imp. Uni. Pub., n.156, 1986, 101p.
- BUTERI, C.B.; TAVERNARI, F.C.; ROSTAGNO, H.S.; et al. Exigência de lisina, planos nutricionais e modelos matemáticos na determinação de exigências de frangos de corte. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.2, p.48-61, 2009.
- CIESLAK, D. G. BENEVENGA, N.J. The effect of amino acid excess on utilization by the rat of the limiting amino acid – Lysin. **Journal of Nutrition**, v.114, p.1863-1870, 1984.
- COON, N.C. Feeding egg-type replacement pullets. In: BELL, D.D. **Comercial chicken meat and egg production 5th**. Massachusetts: Kluwer Academic, 287-393, 2002.
- D'MELLO, J.P.F. Amino acid imbalances, antagonisms and toxicities. In: **Amino acids in farm animal nutrition**. D'MELLO, J.P.F. ed. Edinburgh: The Schottish Agricultural Colege, CAB International, 1994, p.63-67.
- EFG Software. **Broiler growth model (version 6), Broiler nutrition optimiser (version 1), Pig growth model (version 2) and Pig nutrition optimiser (version 1)**. 2006.
- FISHER, C.; MORRIS, T. R.; JENNINGS, R. C. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. **British Poultry Science**, v. 14, n. 5, p. 469 - 484, 1973.
- GOUS, R.M. Making Progress in the nutrition of broilers. **Poultry Science**, v.77, p.111-117, 1998.
- GOUS, R. M.; GRIESSEL, M.; MORRIS, T. R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids. **British Poultry Science**, v.28, p.427-436, 1987.

- HARMS, R.H.; IVEY, F.J. Performance of commercial laying hens fed various supplemental amino acids in a corn-soybean meal diet. **Journal of applied poultry research**, v.1, p.308-314, 1992.
- HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 2010. 142f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- KLASING, K.C. Nutritional modulation of resistance to infectious diseases. **Poultry Science**, v.77, p.1119-1125, 1998.
- MORRIS, T.R., GOUS, R.M. 1988. Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. **British Poultry Science**, 29(1):93-99, 1988.
- PAVAN, A.C.; MÓRI, C.; GARCIA, E.A. et al. Níveis de proteína bruta e de aminoácidos sulfurados totais sobre o desempenho, qualidade dos ovos e a excreção de nitrogênio de poedeiras de ovos marrons. **Revista brasileira de zootecnia**, v.34, n.2, p.568-574, 2005.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SCHMIDT, M.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigências nutricionais de lisina digestível para poedeiras semipesadas no segundo ciclo de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1956-1961, 2009.
- SILVA, E.P. **Modelos de crescimento e das respostas de frangas de postura submetidas a diferentes ingestões de aminoácidos sulfurados**. 2012. 227f. tese. (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias / Universidade Estadual, Jaboticabal.
- SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; NASCIMENTO D.C.N. et al. Modelos matemáticos para estimar as exigências de lisina digestível para aves de corte ISA Label. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1732-1737, 2009.
- SPEDDING, C. R. W. General aspects of modelling and its application in livestock production In: Korver S, Van Arendonk JAM, editores. **Modelling of livestock production systems**. Brussels (Belgium). Kluwer Academic Publishers, p.3-9, 1988.

Capítulo 3

Exigência de treonina para matrizes de frangos de Corte

Modelos matemáticos para estimar exigência de Treonina digestível para matrizes de frangos de corte

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes modelos matemático para determinar a exigência de treonina digestível para matrizes pesadas. Para validar as recomendações nutricionais de treonina (thr) foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no dose resposta (polinomial e broken Line) e fatorial. Foram utilizadas 320 aves da linhagem Cobb, a partir de 60 semanas de idade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído com oito tratamentos, seis repetições com dez aves cada. O oitavo tratamento foi incluído para confirmar que a treonina estava limitante, sendo os níveis obtidos pela técnica de diluição. O experimento teve dez semanas de duração, onde as quatro últimas foram para coleta de dados. A partir das respostas a ingestão de Treo, estimou-se o coeficiente de massa de ovos pelo modelo de Reading para atender a proposta do modelo fatorial: $\text{Thr (mg / day)} = (8,87.MO) + (17,05.PBm^{0,73}.u) + (0,01.PP.44)$. Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos, mostrando um bom ajuste dos modelos. A exigência de treonina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, Broken Line, Quad \cap BL e fatorial foram de 343, 594, 439 e 694mg/ave dia respectivamente.

Palavras chave: aminoácidos, modelagem, predição

Mathematical models to estimate threonine requirement for broiler breeders

Abstract: The objective of this study was to evaluate different mathematical models to determine the requirement of threonine for broiler breeders. To validate the nutritional recommendations threonine (thr) have been proposed two different methods to determine the requirements, based on dose response (polynomial and broken line) and factor. 320 Cobb broilers were used from 60 weeks old. The design was completely randomized, consisting of eight treatments, six replicates with ten birds each. The eighth treatment was included to confirm that threonine was limiting, with the levels achieved by dilution technique. The experiment had ten weeks, where the last four were for data collection. From the answers intake Treo, estimated the mass coefficient of eggs by the Reading model to meet the proposed factorial design: $\text{Thr (mg / day)} = (8,87.MO) + (17.05. \text{PBm}0,73.u) + (0,01.PP.44)$. There was significant effect ($P < 0.05$) for feed intake, production, weight and egg mass, mass conversion and per dozen eggs, showing a good fit of the models. The threonine requirement for arrays of broilers determined by different Regression models, Broken Line, Quad \cap BL and factor were 343, 594, 439 and 694mg / day respectively bird.

Key words: amino acids, modeling, prediction

Introdução

A utilização da treonina deve ser considerada nas formulações de rações para aves, devido a sua participação na síntese de proteínas, e seu catabolismo gerar muitos produtos importantes no metabolismo (glicina, acetil-CoA, e piruvato), levando-se em consideração também a impossibilidade das aves não serem capazes de sintetizá-lo, sendo assim, um aminoácido nutricionalmente essencial (Lelis e Calderano, 2011).

Na finalidade de determinar a exigência de treonina para aves, vários métodos vêm sendo utilizados para cálculo de forma indireta às necessidades de manutenção e produção de ovos (Sá et al., 2007). Segundo Pack et al. (2003), mencionaram a popularidade de modelos por sua interpretação simplificada das respostas biológicas, possibilitando a determinação matemática de um único valor, considerado a exigência.

Testar um modelo ou validar a sua qualidade para aves, deve razoavelmente prever a resposta em condições definidas. Na utilização de dados, os pesquisadores devem ter uma descrição precisa de como foi realizado o estudo, incluindo medidas diárias de temperatura, umidade relativa, densidade populacional, mortalidade e teor de nutrientes da dieta (aminoácidos, proteína bruta, energia e níveis de digestibilidade) (Stilbron et al., 1994).

O desenvolvimento de modelos mecanísticos que descrevam fenômenos como o metabolismo de nutrientes, a digestão, o crescimento de tecidos, a postura e o desenvolvimento embrionário, para se aprofundar nos conhecimentos dos processos envolvidos (McNamara et al., 2000) torna um mecanismo para facilitar na tomada de decisões e definição de produtos melhores, transformando conceitos e conhecimentos pertinentes em equações matemáticas e implementá-las por meio de processos lógicos, simulando situações reais em computador (Rondon et al., 2002).

Diante do exposto este trabalho teve por objetivo avaliar modelos matemáticos para estimar exigência de treonina para matrizes de frangos de corte.

Material e Métodos

Para validar as recomendações nutricionais de treonina para matrizes de corte Cobb, foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no dose resposta e fatorial.

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal/SP. O período experimental foi de 70 dias. Foram utilizadas 320 aves da linhagem Cobb, a partir de 60 semanas de idade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído com oito tratamentos, quatro repetições, sendo 10 aves por box experimental.

Para determinar os níveis dietéticos de treonina foi formulada uma dieta a base de farelo de milho e farelo de soja, com 0,594% de treonina que corresponde a 20% acima da exigência e os outros aminoácidos excedendo em 40% a relação de proteína ideal recomendada por Rostagno et al. (2005). Em seguida, esta dieta foi diluída com uma outra formulada isenta de proteína (Fisher & Morris, 1970), constituindo os níveis 0,178; 0,238; 0,297; 0,356; 0,416; 0,475 e 0,594% de treonina para cada tratamento, apresentados na tabela 1. Um oitavo tratamento foi incluído apenas para comprovar se a treonina era o primeiro limitante nas dietas, obtido a partir da suplementação com 1mg de treonina sintética por quilo de ração.

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional das dietas

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Farelo de soja	7,98	10,67	13,32	15,96	18,65	21,30	26,637
Milho	16,62	22,22	27,73	33,23	38,84	44,34	55,453
Farelo de trigo	2,05	2,74	3,43	4,11	4,80	5,48	6,850
Óleo de soja	5,25	5,00	4,75	4,50	4,25	4,00	3,500
Fos. Bicalcáico	1,26	1,20	1,14	1,08	1,02	0,96	0,837
Calcário	5,38	5,43	5,48	5,53	5,59	5,64	5,744
Sal comum	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,373
DL- Metionina	0,07	0,10	0,12	0,15	0,17	0,19	0,242
L-Isoleucina	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,089
L-Lisina	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,034
L-Valina	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,027
Amido	31,94	27,33	22,80	18,27	13,67	9,14	
Açúcar	10,51	8,99	7,50	6,01	4,49	3,01	
Cloreto de Potássio	0,30	0,26	0,22	0,17	0,13	0,09	
Premix Vitamínico	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
CL-Colina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,050
Premix Mineral	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,050
Inerte	7,00	5,99	5,00	4,01	3,00	2,00	
Antioxidante	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,010
Casca de arroz	11,00	9,41	7,85	6,29	4,71	3,15	
TOTAL	100						
Composição Química							
Proteína Bruta (%)	5,921	7,669	9,388	11,106	12,854	14,573	18,04
EM (kcal/kg)	2800	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Cálcio (%)	2,50	2,50	2,50	2,500	2,50	2,50	2,50
Fósforo disponível (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Sódio (%)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
Potássio (%)	0,700	0,700	0,700	0,701	0,701	0,701	0,701
Treonina (%)	0,178	0,238	0,297	0,356	0,416	0,475	0,594
Lisina (%)	0,256	0,343	0,428	0,512	0,599	0,685	0,855
Metionina (%)	0,148	0,198	0,247	0,296	0,346	0,395	0,494
Met+Cis (%)	0,223	0,299	0,373	0,446	0,522	0,596	0,745
Triptofano (%)	0,059	0,079	0,099	0,118	0,138	0,158	0,197
Valina (%)	0,231	0,309	0,385	0,461	0,539	0,616	0,770

Premix mineral por kg de ração: Mn, 60 g; Fe, 80 g; Zn, 50 g; Cu, 10 g; Co, 2 g; I, 1 g; e veículo q.s.p., 500 g. Premix vitamínico (Concentração/kg): Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D3 - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B1 - 2,0 g, it.B2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B12 - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Selênio - 250 mg, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Para atender a proposta do método dose resposta os parâmetros avaliados foram: consumo de treonina (mg/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), produção (%) calculada dividindo-se a quantidade total de ovos número de aves, massa de ovo (g/ave/dia) realizado pelo produto da produção de ovos e o peso médio dos ovos por parcela, conversão alimentar por massa (kg/kg) sendo calculada pela relação entre consumo de ração e massa de ovo produzida e conversão por dúzia de ovos (kg/dúzia) calculada pela a relação entre o consumo de ração e a produção e o resultado dividido por 12. Foram submetidos a análise de variância de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + \text{Treo}_i + \varepsilon_{ij}$; em que Y_{ij} é a ij-ésima observação; μ = efeito da média geral; Treo_i = efeito do i-ésimo nível de treonina digestível; ε_{ij} = é o erro aleatório (erros de medida, fatores não controláveis, diferenças entre as unidades experimentais), considerando um nível de 5% de significância após ser testadas e atendidas as pressuposições de normalidade e homocedasticidade dos dados.

Para o ajuste dos modelos, utilizou-se as respostas para as variáveis anunciadas com dois modelos, sendo um contínuo, polinomial quadrático, e outro, descontínuo, broken line.

1 – Polinomial quadrático (Quad): $Y_{ij} = c + b\text{Treo} + a\text{Treo}^2 + \varepsilon_{ij}$, em que c = constante da regressão ou intercepto, b = parâmetro da regressão para componente linear; e a = parâmetro da regressão para o componente quadrático.

2 – Broken Line (BL): $Y_i = L + U (R - \text{Treo}_i) + e_i$, $i = 1, 2, \dots, n_1, n_1+1, \dots, n$ em que $(R - \text{Treo}_i) = 0$ para $i = n_1 + 1$; n_1 = número de observações até o ponto de quebra; n = número de pares de observações; Treo_i = nível de treonina da ração; L = produção estimado no platô; U = inclinação da reta ascendente; R = nível de treonina estimado pelo ponto de quebra.

Para cada variável de desempenho, os níveis ótimos de treonina estimados com base no modelo broken line, foram obtidos no ponto em que uma perpendicular é baixada na intersecção da reta ascendente com a resposta assintótica do modelo, platô, encontra o eixo da abscissa. Para o modelo polinomial quadrático, os níveis ótimos de treonina foram obtidos igualando-se a primeira derivada da equação a zero.

A primeira intersecção do modelo polinomial quadrático com a assíntota do modelo broken line, foi considerada como critério para definir a exigência do aminoácido teste e foi obtida conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

Para a proposta do método fatorial, o período experimental foi dividido em 42 dias para adaptação das aves às dietas experimentais e os coeficientes de respostas obtidos para massa de ovo e peso vivo, foram considerados entre a sexta e décima semana e analisados por meio do programa computacional EFG Software (2006) no módulo amino acids optimize por meio do Reading Model, para atender a proposta do modelo:

$$\text{Treo (mg/dia)} = (a \cdot \text{MO}) + (b \cdot \text{PBm}^{0,73} \cdot u) + (0,01 \cdot \text{PP} \cdot \text{treop});$$

Em que, treo é a exigência de treonina digestível (mg/dia); b é o coeficiente para a manutenção da proteína do corpo depenado; PBm é o peso de proteína corporal à maturidade (kg); u é o grau de maturidade da proteína corporal ($u = \text{PBt} / \text{PBm}$); PP é o peso de proteína das penas (g); treop é o conteúdo de treonina na proteína das penas (mg/g); Os coeficientes de manutenção de treonina (17,05mg/ave dia) determinada por Bonato et al., (2010). O modelo parte do pressuposto que a composição em aminoácidos das penas difere da composição do corpo depenado de acordo com Emmans e Fisher, (1986).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS 9.0 (2002), por meio dos procedimentos PROC GLM para análise de variância, PROC REG para ajuste do modelo quadrático e PROC NLIN para ajuste do Broken Line

Resultados e Discussão

Segundo Bowmaker e Gous (1991), os efeitos da ingestão de diferentes nutrientes limitantes sobre as variáveis, de produção de ovos (tamanho do ovo e taxa de postura) e peso corporal, e, comparando esses resultados com a ampla evidência disponível para frangas de postura, possibilita verificar se os coeficientes de resposta diferem entre tipos muito diferentes de aves (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de treonina digestível (Ctreo), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADz) de matrizes de frango de corte criadas em box.

Níveis (%)	Ctreo	CR	PR	PO	MO	CAMO	CaDz
	mg/ave/dia	g/ave/dia	%	g	g	g/g	g/dúzia
0.178	250,79	140,89	49,29	67,24	33,16	4,26	3,43
0.238	349,30	146,76	55,96	69,45	38,78	3,79	3,17
0.297	438,29	147,57	60,36	67,85	40,97	3,61	2,94
0.356	523,87	147,15	55,32	68,42	37,85	3,89	3,19
0.416	601,65	144,63	60,36	69,97	42,25	3,43	2,87
0.475	702,85	147,97	60,68	70,00	42,48	3,48	2,92
0.594	880,16	148,18	57,61	70,12	40,48	3,71	3,11
Médias	535,27	146,16	57,08	69,01	39,42	3,74	3,09
P>F	L**	L**	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001	>0,001
CV. %	2,18	2,16	4,53	2,64	7,92	7,79	6,89

P>F = Probability value of the F test; CV = coefficient of variation.

O consumo de ração apresentou de forma linear a medida que aumentaram os níveis de treonina, evidenciando que, para esse parâmetro, os níveis aminoacídico não limitaram a ingestão de alimentos.

Considerando que a quantidade máxima de alimentos ingerido pelas aves a cada dia foi de 150 g, as aves em alguns dos tratamentos não consumiram o montante atribuído, sendo observado, especialmente para aves que receberam as dietas com concentrações mais baixas de treonina.

Uma possível resposta pode estar relacionada às dietas mais diluídas, apesar de terem menores concentrações de aminoácidos, tinham concentrações de energia similar às demais rações, assim que a quantidade de energia consumida pelas aves, como essas dietas era muito superior ao montante necessário para a produção de ovos, considerando a produção de ovo baixo possível em dietas com baixas concentrações de tais aminoácidos.

Os modelos mostraram bons ajustes, onde os níveis estimados pelos modelos foram diferentes para cada modelo utilizado (Tabela 3). Vários fatores podem interferir nas exigências de aminoácidos em dietas de matrizes, dentre os quais podemos citar o potencial genético da ave, o ambiente em que estão inseridos, idade, temperatura, manejo como também devem ser levados em consideração aspectos econômicos no processo de criação.

Os parâmetros avaliados foram afetados ($p < 0,05$) pelos níveis de treonina se comportando de forma linear para a ingestão de treonina consumo de ração e de forma quadrática para produção, peso, massa de ovo, conversão por massa e dúzia de ovos.

Com base no modelo polinomial quadrático, as variáveis avaliadas para consumo de produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos, corresponderam ao consumo de treonina de 591, 628, 601, 586, 564mg/ave/dia,

respectivamente. O ajuste do modelo polinomial quadrático foi feito a partir do desenvolvimento da parábola, onde é determinado o nível ótimo pelo ponto da máxima resposta que é obtido quando se iguala a derivada da função a zero.

Tabela 3. Equações ajustadas para produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de treonina (Treo) digestível para matrizes de frangos de corte.

Model	PR, %	Treo	R ²
BL	EP = 59,17 - 0,442 (271 - Treo)	271	0,59
Quad	EP = 29,122 + 0,112Treo - 0,00009Treo ²	591	0,70
Quad∩BL	29,122 + 0,112Treo - 0,00009Treo ² = 59,17	410	--
PO, g			
BL	PO = 69,79 - 0,026 + (403 - Treo)	403	0,66
Quad	PO = 58,64 + 0,037Treo - 0,00003Treo ²	628	0,73
Quad∩BL	58,64 + 0,037Treo - 0,00003Treo ² = 69,79	488	--
MO, g			
BL	EM = 40,85 - 0,057(384 - Treo)	384	0,74
Quad	EM = 16,27 + 0,087Treo + 0,00007Treo ²	601	0,66
Quad∩BL	16,27 + 0,087. Treo + 0,00007. Treo ² = 40,85	453	--
CAMO (g/g)			
BL	CAMO = 3,61 + 0,004(387 - Treo)	387	0,64
Quad	CAMO = 5,867 - 0,0082Thr + 0,000006Treo ²	586	0,67
Quad∩BL	5,867 - 0,0082Treo + 0,000006Treo ² = 3,61	438	--
CADz (g/duzia)			
BL	CADz = 3,001 + 0,015(274 - Treo)	274	0,46
Quad	CADz = 4,38 - 0,0053Treo + 0,000004Treo ²	564	0,67
Quad∩BL	4,38 - 0,0053Treo + 0,000004Treo ² = 3,001	406	--

BL=Broken Line; Quad=quadrática.

De acordo com Lamberson e Firmam (2002), o modelo quadrático proporciona superestimativa, isso se deve ao fato de que o modelo quadrático assume simetria bilateral da resposta com ao incremento do nutriente, descrevendo a redução da resposta na mesma intensidade do acréscimo (Euclides e Rostagno, 2002).

Para o modelo Broken Line para os mesmos parâmetros, foram estimados consumo de 271, 403, 384, 387 e 274mg/ave/dia de treonina.

De acordo com Sakomura e Rostagno (2007), apesar do modelo broken line estimar o nível ótimo, não considera os aumentos que poderiam justificar melhorias adicionais no desempenho. O melhor nível pode ser melhor estimado pela intersecção da curva quadrática com o platô do modelo broken Lline devidamente ajustado, com vantagem de um melhor ajuste entre a quadrática e o broken line.

A partir dos resultados estimados pelo modelo $Quad \cap BL$ pode-se afirmar que a ingestão de treonina para as variáveis corresponde a 410, 488, 453, 438, 406, mg/ave/dia para produção, peso e massa de ovos e conversão por dúzia e massa de ovos respectivamente.

Emmans (1981), afirma que o consumo de ração pelas aves, aumenta quando a concentração de nutrientes da dieta diminuiu. Bowmaker e Gous (1991), em experimento com matrizes encontraram comportamento semelhantes, e possivelmente por causa do desequilíbrio que seria criado, a ave tende a comer grandes quantidades de uma dieta com baixas concentrações de aminoácidos.

O hipotálamo desempenha influência na regulação da alimentação, nas respostas a dietas com elevado conteúdo protéico e no imbalance de aminoácidos. Há forte evidência de que o aumento na atividade pós-sináptica dos receptores serotoninérgicos provoca redução na quantidade de alimento ingerido, em resposta ao papel anoréxico da serotonina, particularmente como resposta às dietas com a altas quantidade de aminoácidos da dieta (Cabraia, 2004).

A taxa de postura aumentou com o aumento da concentração de treonina na dieta onde foram alcançados maiores resultados nas dietas com níveis mais elevadas.

Concordando com Bowmaker e Gous (1991), que demonstraram que pequenos aumentos na ingestão de aminoácidos, principalmente metionina e lisina, que estavam próximos dos níveis ótimos, resultaram em resposta proporcionalmente igual à taxa de

postura e peso dos ovos, mas quando existiam deficiências severas de metionina e lisina, a produção de ovos era reduzida em maior grau do que o peso dos ovos.

O maior peso dos ovos foi de 70,312 g, com uma ingestão média de 880,16 mg de treonina, o peso do ovo, a partir deste ponto teve declínio quando o fornecimento de aminoácidos foi aumentado. Morris e Gous (1988) mostraram que o peso do ovo e taxa de postura foram igualmente reduzidas com a deficiente ingestão de aminoácidos, com níveis maiores de deficiência tornou-se mais grave.

A ingestão ótima de proteína e aminoácidos para matrizes pesadas deve prever as alterações na produção de massa de ovos, no lugar das respostas independentes para produção e peso dos ovos (Borges, 2010).

Os dados de consumo de aminoácidos e MO foram ajustados no modelo Reading para obter os coeficientes a e b por meio do programa computacional EFG Software (2006) no módulo *Aminoacids Optimize* conforme o modelo matemático para determinar a exigência de para matrizes, fundamentada no modelo desenvolvido por Curnow (1973), atendendo o seguinte modelo: $Treo=17.05W+8,87.MO$, considerando 17,05mg/ave dia determinada por Bonato et al., 2010.

Teoricamente o Reading Model tem sido de grande valia para explicar em forma da curva de resposta, dentro de uma população de galinhas poedeiras, a um nutriente limitante (Bowmaker e Gous, 1991).

O modelo de Reading otimiza o consumo de cada aminoácido isoladamente supondo que os outros aminoácidos não estão limitando a produção de ovos. As matrizes de frangos de corte têm reservas lipídicas consideráveis (Oldham e Emmans, 1989). É provável que os aminoácidos necessários à manutenção (conforme definido pelo valor de b do modelo de Reading) sobre diversos tipos de aves seriam mais relacionadas ao conteúdo de proteínas do corpo do que ao peso corporal.

Concordando com Siqueira (2009), em que ao fato da composição em aminoácidos da proteína corporal difere da composição das penas, mais acurácia pode ser alcançada nos cálculos das exigências de aminoácido, se a proteína do corpo depenado for considerada separadamente da proteína das penas (Emmans & Fisher, 1986), tendo assim o modelo fracionando as exigências de produção e manutenção para o corpo depenado e para as penas, objetivando isolar as variações.

De acordo com o modelo proposto, $Treo (mg/day) = (8,87.MO) + (75,62.PBm^{0,73}.u) + (0,01.PP.44)$, a exigência de treonina para matrizes de corte, foi elaborada considerando as diferenças entre as características de produção e manutenção do corpo depenado e das penas, onde os parâmetros de exigências de treonina para a manutenção foram expressos por unidade de peso metabólico proteico. O estabelecimento das exigências em termos de unidades de manutenção ($PBm^{0,73}.u$) possibilita que as recomendações sejam extrapoladas com maior segurança para aves de diferentes idades.

Utilizando-se os parâmetros de manutenção (b) e de produção (a) determina-se as exigências para um indivíduo representativo da população (média) ou simula-se as exigências para cada indivíduo de uma população (5000 mil indivíduos) de variância conhecida e distribuição normal. Para um indivíduo representativo da população (média), foi realizada uma simulação utilizando valores de peso vivo e massa de ovo.

Nessa simulação, os modelos foram comparados aos modelos da literatura. Os modelos estimaram exigências em treonina de 694mg/ave/dia para matrizes similares ao modelo proposto por Gous et al. (1987).

Conclusão

As exigências de treonina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad+bl e fatorial foram de 343, 594, 439 e 694 respectivamente.

Literatura citada

- BONATO, M. A. Exigências de metionina + cistina e treonina para manutenção de aves. 2010. 79f. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- BORGES, C.A.Q. [2010] **Nutrição de Matrizes para a Máxima Produtividade**. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/nutricao/artigos/nutricao-matrizes-maxima-produtividade-t252/141-p0.htm>> Acesso em: 12/03/2011.
- BOWMAKER, J.E., GOUS, R.M. The response of broiler breeder hens to dietary lysine and methionine. **British Poultry Science**, v.32, p.1069-1088, 1991.
- CAMBRAIA, R.P.B. Aspectos psicobiológicos do comportamento alimentar. **Revista de Nutrição**, v.17(2), p.217-225, 2004.
- CURNOW, R. N. A smooth population response curve based on an abrupt threshold and plateau model for individuals. **Biometrics**, v.29, p.1-10, 1973.
- EFG Software. **Broiler growth model (version 6), Broiler nutrition optimiser (version 1), Pig growth model (version 2) and Pig nutrition optimiser (version 1)**. 2006.
- EMMANS, G. C., A model of the growth and feed intake of ad-libitum fed animals, particularly poultry. *Computers in Animal Production*. Occ. Publ. Br. Soc. Anim. Prod. No. 5, 103-110, 1981.
- EMMANS, G. C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory. In: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient requirements of poultry and nutritional research**. London: Ed. Butterworths, p. 9-39, 1986.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. Estimativas dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. *Nutrição de aves e suínos*. In: Workshop Latino-Americano Ajinomoto Biolatina, 1. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: 2002, p.77-88.
- FISHER, C. & MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of the laying pullet by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p.67-82, 1970.
- GOUS, R. M.; GRIESSEL, M.; MORRIS, T. R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids. **British Poultry Science**, v.28, p.427-436, 1987.
- LAMBERSON, W.R.; FIRMAN, D. A comparison of quadratic versus segmented regression procedures for estimating nutrient requirements. **Poultry Science**, v.81, p.481-484, 2002.

- LELIS G. R.; & CALDERANO A. A. Proteína ideal para poedeiras semipesadas: treonina e valina. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 8, p.1482-1488, 2011.
- MCNAMARA JP, FRANCE J, BEEVER D. **Modeling nutrient utilization in farm animals**. London (UK):CAB International; 2000.
- MORRIS, T.R and RM. GOUS, Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. **British Poultry Science**, 2993-99, 1988.
- OLDHAM, J. D., EMMANS, G. C. Prediction of responses to required nutrients in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, p.3212-3229, 1989.
- PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. **Economic assessment of amino acid responses in growing poultry**. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) Amino acids in animal nutrition. Cambridge: CABI Publishing, p.459-483,2003.
- RONDÓN, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; SAKAGUTI, E.S. Modelagem computacional para produção e pesquisa em avicultura. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.1, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SÁ, L. M.; GOMES, P. C.; CECON, P. R. Exigência nutricional de treonina digestível para galinhas poedeiras no período de 34 a 50 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1846-1853, 2007.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- SIQUEIRA, J. C. **Estimativas das exigências de lisina de frangos de corte pelos métodos dose resposta e fatorial**. 2009. 178f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Univerdidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- STILBORN, H. L.; MORAN JUNIOR, E. T.; GOUS, R. M. et al. Experimental data for evaluating broiler model. **Journal Applied of Poultry Science Research**. v.3, n.4, p.379, 1994.

Capítulo 4

Exigência de metionina+cistina para matrizes de frangos de corte

Modelo matemático para estimar da exigência de metionina+cistina para matrizes pesadas

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar diferentes modelos matemáticos para determinar a exigência de metionina+cistina digestível para matrizes pesadas. Para validar as recomendações nutricionais de metionina+cistina (met+cis) foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no dose resposta (polinomial e broken line) e fatorial. Foram utilizadas 56 aves da linhagem Cobb, a partir de 86 semana de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito tratamentos e sete repetições e uma ave por gaiola. O oitavo tratamento foi incluído para confirmar que a met+cis foi o primeiro limitante, sendo os níveis de met+cis foram obtidos pela técnica de diluição. O experimento teve dez semanas de duração, onde as quatro últimas foram para coletados dados. A partir das respostas a ingestão de met+cis, estimou-se o coeficiente de massa de ovos pelo modelo de Reading para atender a proposta do modelo fatorial: $\text{Met+Cis (mg/ave/dia)} = (5,22.MO) + (0,03.PBm0,73 . u) + (0,01 . PP . 76)$. Houve efeito significativo ($P < 0,05$) para consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão por massa e por dúzia de ovos, mostrando um bom ajuste dos modelos. As exigências de metionina+cistina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad \cap bl e fatorial foram de 471, 678, 571 e 673mg/ave/dia, respectivamente.

Palavras chave: aminoácidos, modelagem, predição

Modeling of the requirement of methionine plus cystine for broiler breeders

Abstract: The objective of this study was to evaluate different mathematical models to determine the methionine plus cystine for broiler breeders. To validate the nutritional recommendations of methionine and cystine (Met+Cys) were proposed two different methods to determine the requirements based on dose response (polynomial and broken line) and factorial. 56 Cobb broilers were used from 86 weeks of age. The experimental design was completely randomized with eight treatments and seven replicates and one bird per cage. The eighth treatment was included to confirm that the Met+Cys was the limiting first with the levels of Met+Cys were obtained by dilution technique. The experiment had ten weeks, where the last four were to collected data. From the answers intake of the Met+Cys, estimated the mass coefficient of eggs by the Reading model to meet the proposed factorial design: $\text{Met+Cys (mg/bird/day)} = (5,22.MO) + (0,03.PBm0,73. u) + (0.01. pp. 76)$. There was significant effect ($p < 0.05$) for feed intake, egg production, egg weight, egg mass, mass conversion and per dozen eggs, showing a good fit of the models. Methionine plus cystine requirements for the headquarters of broilers determined by different mathematical models of regression, broken line, quad∩bl and factor were 471, 678, 571 and 673mg / bird / day, respectively.

Key words: amino acids, modeling, prediction

Introdução

Formular dietas que atendam às exigências em aminoácidos é essencial para expressar o máximo potencial genético das aves e diminuir o desequilíbrio nutricional, evidenciando as necessidades constantes em estabelecer as exigências, para que as aves utilizem adequadamente os nutrientes das rações.

A modelagem matemática é uma alternativa para ajudar na tomada de decisões e definição nutricionais, transformando conceitos e conhecimentos pertinentes em equações matemáticas e implementá-las por meio de processos lógicos, simulando situações reais em computador (Rondón et al., 2002).

Segundo Euclides e Rostagno (2001), os modelos utilizados para determinar os níveis “ótimos” dos nutrientes na ração são aplicáveis quando os experimentos são conduzidos nas fases de resposta e estável das exigências dos animais.

Modelos empíricos como dose resposta estimam a exigência nutricional de determinado nutriente pela avaliação de uma resposta a parâmetros, através do oferecimento de quantidades crescentes do nutriente (níveis) nas dietas, onde a exigência do animal à um nutriente, se dá no nível máximo de resposta produtiva (Rostagno et al., 2007).

Segundo Rezende et al. (2007), entre outras técnicas de análises estatísticas que podem ser utilizadas para descrever os níveis ótimos de um nutriente, destacam-se o modelo polinomial quadrático, broken line, Platô linear, Platô quadrático e Platô não lineares.

De acordo com Euclides e Rostagno (2001), que afirmam que a aplicação de cada um dos modelos dependerá da relação entre os níveis do nutriente em estudo e a resposta aos mesmos, podendo haver subestimação ou superestimar o nível ótimo.

O método fatorial é uma estratégia dos nutricionistas que vem demonstrando economicidade em estudos com populações homogêneas (Basaglia et al., 2005), além da possibilidade de conciliar o significado matemático ao biológico. Este método tem sido apresentado sob a forma de vários modelos matemáticos, que permitem estimar as exigências em nutrientes, considerando características como diferenças genéticas, peso corporal ou fase, nível de rendimento ou capacidade de deposição de carne, aspectos relacionados ao ambiente e seus efeitos sobre os animais e, ainda, informações do potencial nutritivo dos alimentos e o efeito da complementaridade entre eles (Pomar e Bailleul, 1999).

Diante do exposto este trabalho teve por objetivo avaliar modelos matemáticos para estimar exigência de metionina+cistina para matrizes pesadas.

Material e métodos

Para avaliar as recomendações nutricionais de metionina+cistina (met+cis) para matrizes de corte, foram propostos dois métodos distintos para determinar as exigências, baseado no dose resposta e fatorial.

O experimento foi conduzido no setor de avicultura da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal/SP. O período experimental foi de 70 dias. Foram utilizadas 56 aves da linhagem Cobb, a partir de 86 semanas de idade. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, constituído com oito tratamentos, sete repetições e uma ave por parcela.

Para determinar os níveis dietéticos de met+cis foi formulada uma dieta a base de farelo de milho e farelo de soja com 6,38g/kg de metionina+cistina, que corresponde a 20% acima da exigência e os outros aminoácidos excedendo em 40% a relação de proteína ideal recomendada por Rostagno et al. (2005), em seguida esta dieta foi diluída

com uma outra formulada isenta de proteína (Fisher e Morris, 1970), constituindo os níveis 1,60; 2,23; 3,19; 3,83; 4,47; 5,75 e 6,38 g/kg de met+cis para cada tratamento, apresentados na Tabela 1. Um oitavo tratamento foi incluído para comprovar se a met+cis era o primeiro limitante nas dietas, obtido a partir da suplementação 36mg de metionina sintética por quilo de ração.

Para atender a proposta do método dose resposta os parâmetros avaliados: consumo de met+cis (mg/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), produção (%) calculada dividindo-se a quantidade total de ovos número de aves, massa de ovo (g/ave/dia) realizado pelo produto da produção de ovos e do peso médio dos ovos por parcela, conversão alimentar por massa (kg/kg) calculada pela relação entre consumo de ração e massa de ovo produzida e conversão por dúzia de ovos (kg/dúzia) calculada pela a relação entre o consumo de ração e a produção e o resultado dividido por 12. Foram submetidos a análise de variância de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ij} = \mu + (\text{met+cisi}) + \epsilon_{ij}$; em que Y_{ij} = é a ij -ésima observação; μ = efeito da média geral; (met+cisi) = efeito do i -ésimo nível de metionina+cisitina digestível; ϵ_{ij} = é o erro aleatório (erros de medida, fatores não controláveis, diferenças entre as unidades experimentais), considerando um nível de 5% de significância após ser testadas e atendidas as pressuposições de normalidade e homocedasticidade dos dados.

Tabela 1. Composição percentual e nutricional das dietas.

Alimentos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Farelo de soja	6,908	9,629	13,774	16,537	19,300	24,827	27,547
Milho	13,977	19,481	27,867	33,458	39,048	50,230	55,734
Farelo de trigo	0,539	0,752	1,075	1,291	1,507	1,939	2,151
Oleo de soja	5,248	4,951	4,500	4,199	3,898	3,296	3,000
Fos. Bical	1,275	1,219	1,134	1,078	1,021	0,908	0,853
Calcario	6,015	6,049	6,101	6,136	6,170	6,240	6,274
Sal comum	0,373	0,367	0,358	0,352	0,346	0,334	0,328
DL- Metionina	0,014	0,019	0,027	0,033	0,038	0,049	0,054
Vit	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
CL-Colina	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
CL-Potássio	0,953	0,827	0,636	0,508	0,381	0,126	0,000
Inerte	8,241	7,155	5,500	4,397	3,293	1,086	0,000
Min	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
L-Treonina	0,007	0,010	0,015	0,017	0,020	0,026	0,029
Amido	35,148	30,515	23,457	18,751	14,044	4,632	0,000
Açucar	11,238	9,757	7,500	5,995	4,491	1,481	0,000
Antioxidante	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Glúten de Milho	0,953	1,328	1,900	2,281	2,662	3,425	3,800
Casca de arroz	8,880	7,710	5,927	4,737	3,548	1,170	0,000
Total	100						
Energia Metabolizável, kcal/kg	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína Bruta (%)	5,177	7,134	10,115	12,103	14,091	18,067	20,024
Cálcio (%)	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730	2,730
Sódio (%)	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167	0,167
Cloro (%)	0,238	0,240	0,244	0,247	0,249	0,255	0,257
Fósforo disp. (%)	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267
Potássio (%)	0,675	0,678	0,683	0,686	0,689	0,696	0,699
Fibra Bruta (%)	4,130	3,974	3,737	3,579	3,421	3,105	2,950
Acido linoleico (%)	3,179	3,152	3,111	3,084	3,056	3,001	2,974
Met+Cis dig. (%)	0,160	0,223	0,319	0,383	0,447	0,575	0,638
Metionina dig. (%)	0,090	0,125	0,179	0,215	0,251	0,323	0,359
Lisina dig. (%)	0,214	0,299	0,428	0,513	0,599	0,771	0,855
Triptofano dig. (%)	0,052	0,072	0,103	0,123	0,144	0,185	0,206
Treonina dig. (%)	0,174	0,242	0,347	0,416	0,486	0,625	0,693
Valina dig. (%)	0,208	0,290	0,415	0,498	0,581	0,748	0,830
Isoleucina dig. (%)	0,194	0,270	0,387	0,464	0,542	0,697	0,773
Leucina dig. (%)	0,458	0,639	0,914	1,097	1,281	1,648	1,828

Premix mineral por kg de ração: Mn, 60 g; Fe, 80 g; Zn, 50 g; Cu, 10 g; Co, 2 g; I, 1 g; e veículo q.s.p., 500 g. Premix vitamínico (Concentração/kg): Vit. A - 15.000.000 UI, Vit. D3 - 1.500.000 UI, Vit. E - 15.000 UI, Vit.B1 - 2,0 g, it.B2-4,0 g, Vit B6 - 3,0 g, Vit.B12 - 0,015 g, Ácido nicotínico - 25 g, Ácido pantotênico- 10 g, Vit.K3 - 3,0 g, Ácido fólico- 1,0 g, Selênio - 250 mg, e veículo. q.s.p. - 1.000 g.

Para o ajuste dos modelos utilizou-se as respostas para as variáveis anunciadas com dois modelos, sendo um contínuo, polinomial quadrático, e outro, descontínuo, broken line.

1 – Polinomial quadrático: $Y_{ij} = c + b(\text{met+cis}) + a(\text{met+cis}^2) + \epsilon_{ij}$, em que c = constante da regressão ou intercepto, b = parâmetro da regressão para componente linear; e a = parâmetro da regressão para o componente quadrático.

2 – Broken Line (BL): $Y_i = L + U (R - (\text{met+cis}_i)) + \epsilon_i$, $i = 1, 2, \dots, n_1, n_1+1, \dots, n$ em que $(R - (\text{met+cis}_i)) = 0$ para $i = n_1 + 1$; n_1 = número de observações até o ponto de quebra; n = número de pares de observações; (met+cis_i) = nível de metionina+cistina da ração; L = produção estimado no platô; U = inclinação da reta ascendente; R = nível de metionina+cistina estimado pelo ponto de quebra; e ϵ_i = erro ou desvio associado à distância entre o valor de ganho de peso observado e o valor de ganho de peso estimado pela equação.

Para cada variável de desempenho, os níveis ótimos de metionina+cistina estimados com base no modelo broken line, foram obtidos no ponto em que uma perpendicular é baixada na intersecção da reta ascendente com a resposta assintótica do modelo, platô, encontra o eixo da abscissa. Para o modelo polinomial quadrático os níveis ótimos de metionina+cistina, foram obtidos igualando-se a primeira derivada da equação a zero.

A primeira intersecção do modelo polinomial quadrático com a assíntota do modelo broken line foi considerada como critério para definir a exigência do aminoácido teste e foi obtida conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

Para atender a proposta do Reading Model, foram utilizadas dez semanas consecutivas, sendo as seis primeiras semanas consideradas para adaptação das aves às

dietas experimentais e as quatro últimas semanas para coleta de dados para o modelo. Foi avaliada a produção de ovos diária, peso médio dos ovos e massa de ovos.

O peso vivo das aves foi quantificado na primeira, sexta e décima semana de experimentação.

Os coeficientes de respostas obtidos para massa de ovo e peso vivo foram considerados entre a sexta e décima semana por meio do Reading Model.

A curva resultante desses dados considera a resposta de um indivíduo no modelo fatorial simples e, em seguida, deriva a resposta média integrada da população a partir de um grande número de respostas individuais. Essa curva de resposta resultante da população é definida por sete parâmetros: produção máxima média g/dia (Emax); variância na produção máxima (σ^2 Emax); peso corporal médio kg (W); variância de peso corporal (σ^2 W) e duas constantes que representam a quantidade de aminoácidos necessários por unidade de produção (a mg/gE) e por unidade de peso corporal (bmg/kgW).

Para a proposta do método fatorial utilizou-se o programa computacional EFG Software (2006), no módulo amino acids optimize por meio do Reading Model, para atender a proposta do modelo: $\text{Met+Cis (mg/dia)} = (\text{a.MO}) + (\text{b. PBm}^{0,73} \cdot \text{u}) + (0,01 \cdot \text{PP} \cdot (\text{met+cisp}))$; em que, Met+Cis é a exigência de metionina+cistina digestível (mg/dia); b é o coeficiente para a manutenção da proteína do corpo depenado; PBm é o peso de proteína corporal à maturidade (kg); u é o grau de maturidade da proteína corporal ($u = \text{PBt/PBm}$); PP é o peso de proteína das penas (g); (met+cis) é o conteúdo de metionina+cistina na proteína das penas (mg/g). O modelo parte do pressuposto que a composição em aminoácidos das penas difere da composição do corpo depenado de acordo com Emmans & Fisher, (1986).

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAS 9.0 (2002), por meio dos procedimentos PROC GLM para análise de variância, PROC REG para ajuste do modelo quadrático e PROC NLIN para ajuste do linear response platô.

Resultados e discussão

Para estimar os requisitos nutricionais dos aminoácidos através das dietas testes é necessário mensurar as tradicionais curvas de dose resposta, determinando o ponto ótimo de inclusão do aminoácido testado ou ponto de inflexão da curva de resposta (break-point), desta forma os parâmetros de resposta a este método estão apresentados na tabela 2.

Os parâmetros avaliados foram afetados ($p < 0,05$) pelos níveis de met+cis se comportando de forma linear para a ingestão de met+cis e de forma quadrática para consumo de ração, produção, peso, massa, conversão por massa e dúzia de ovos.

Tabela 2. Consumo de metionina+cistina digestível (CMet+Cis), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovos (MO), conversão por massa (CAMO) e por dúzia de ovos (CADZ) de matrizes de frango de corte criadas em gaiola.

Níveis (g/kg)	CMet+Cis mg/ave/dia	CR g/ave/dia	PR %	PO g	MO g	CAMO g/g	CADZ g/duzia
1,60	212,332	129,072	41,195	67,795	28,126	4,516	3,814
2,23	308,313	140,412	48,439	67,386	33,372	4,126	3,552
3,19	460,407	144,328	60,857	69,104	42,951	3,370	2,859
3,83	545,884	144,103	63,143	72,214	43,180	3,301	2,702
4,47	641,344	145,032	60,238	72,582	43,495	3,308	2,807
5,75	823,167	145,189	65,000	70,835	45,618	3,197	2,624
6,38	865,346	139,955	61,720	71,246	44,100	3,052	2,629
Média	509,397	140,573	56,611	69,383	39,271	3,625	3,020
Efeito	L**	Q**	Q**	Q**	Q**	Q**	Q**
CV%	4,61	2,82	9,55	2,72	8,07	10,20	9,32

L=Efeito Linear; Q=Efeito Quadrático; CV=Coefficiente de Variação; **=Significância a 1%

O método dose resposta estima a exigência nutricional de determinado nutriente pela avaliação de uma resposta a parâmetros pré definidos, como ganho de peso, conversão alimentar, deposição de carne magra, produção de ovos no período, através do oferecimento de quantidades crescentes do nutriente (níveis) nas dietas.

Os níveis mais baixos de met+cis das rações não apresentou magnitude suficiente para alterar os mecanismos do apetite, indicando que o consumo alimentar das aves foi suficiente apenas para satisfazer as necessidades das aves, esta resposta foi alterada apenas para o nível mais alto (6,38g/kg).

A produção de ovos responde ao aumento dos níveis de aminoácidos e proteína bruta da ração, isto pode ocorrer devido ao fato que quando o nível na dieta está abaixo da exigência, a taxa de postura é prejudicada pela deficiência de proteína e aminoácidos (Morris e Gous, 1988).

Foram obtidos maiores valores para produção de ovos à medida que aumentou o nível de met+cis na ração. Morris e Gous (1988) afirmam que a produção de ovos responde ao aumento dos níveis de aminoácidos limitantes e proteína bruta da ração.

As equações de resposta ao consumo de met+cis digestível estimadas por meio da equação quadrática e broken line para as variáveis de desempenho, estão apresentadas na Tabela 3, mostrando que os modelos proporcionaram bons ajustes, evidenciados pelos respectivos R^2 , entretanto, os níveis estimados pelos modelos foram diferentes.

Com base no modelo polinomial quadrático, as variáveis avaliadas consumo de ração, produção, peso e massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos, correspondem ao consumo de met+cis de 451, 730, 732, 638, 770 e 751 mg/ave/dia respectivamente. O ajuste do modelo polinomial quadrático foi feito a partir do desenvolvimento da parábola, onde é determinado o nível ótimo pelo ponto da máxima resposta que é obtido quando se iguala a derivada da função a zero.

Tabela 3. Equações ajustadas para consumo de ração (CR), produção (PR), peso (PO), massa (MO), conversão alimentar por massa (CAMO) e dúzia (CADZ) de ovos em função do consumo da ingestão de met+cis digestível para matrizes de frangos de corte

Modelo	CR,g	Met+cis	R ²
BL	$CR = 143,9 - 180(0,242 - M+C)$	242	0,97
Quad	$CR = 110,76+158,36M+C - 175,49M+C^2$	451	0,60
Quad∩BL	$110,76+158,36M+C-175,49M+C^2 = 143,9$	329	--
PR, %			
BL	$PR = 62,40 - 0,076 (487,8 - M+C)$	487	0,96
Quad	$PR = 19,53 + 0,122M+C - 0,00008M+C^2$	730	0,71
Quad∩BL	$19,53 + 0,122M+C - 0,00008M+C^2 = 62,40$	588	--
PO, g			
BL	$PO = 71,57 - 0,0115 (596,4 - M+C)$	596	0,80
Quad	$PO = 62,54 - 0,0248.M+C + 0,000017M+C^2$	732	0,74
Quad∩BL	$62,54 - 0,0248.M+C + 0,000017M+C^2 = 71,57$	644	--
MO,g			
BL	$MO = 44,11 + 0,058 (488 - M+C)$	488	0,96
Quad	$MO = 10,08 - 0,0857M+C + 0,00007M+C^2$	638	0,72
Quad∩BL	$10,08 - 0,0857M+C + 0,00007M+C^2 = 44,11$	622	--
CAMO			
BL	$CAMO = 3,221 + 0,043 (508 - M+C)$	508	0,93
Quad	$CAMO = 5,69 - 0,067M+C + 0,000004M+C^2$	770	0,63
Quad∩BL	$5,69 - 0,067M+C + 0,000004M+C^2 = 3,221$	639	--
CADZ			
BL	$CADz = 2,698 + 0,0038 (509,7 - M+C)$	509	0,95
Quad	$CADz = 4,971 - 0,0062M+C + 0,000004M+C^2$	751	0,71
Quad∩BL	$4,971 - 0,0062M+C + 0,000004M+C^2 = 2,698$	609	--

BL=Broken Line; Quad=quadrática

O modelo quadrático, do ponto de vista biológico, é mais utilizado do que a equação broken line, pois possibilita a determinação do consumo correspondente a máxima resposta. Contudo, esse modelo superestima as exigências, principalmente quando as dietas experimentais não foram distribuídas de forma igual, acima e abaixo das exigências (Lamberson e Firmam, 2002).

Segundo Morris (1988) e Runho et al. (2001), afirmam que o uso do modelo polinomial quadrático em algumas situações não favorece um bom ajuste dos dados, pois é muito sensível as variações dos intervalos dos tratamentos. Adicionalmente, o

modelo pode não ser fisiologicamente correto, pois descreve a redução da resposta com a mesma intensidade do acréscimo.

Para o modelo Broken Line para os mesmos parâmetros foram estimados um consumo de 242, 487, 596, 488, 508 e 509mg/ave/dia de met+cis.

No broken line, a exigência em determinado nutriente é dada no ponto em que a perpendicular baixada da intersecção da reta com o platô encontrar a abscissa. As respostas nem sempre apresentam esta configuração em virtude do complexo sistema fisiológico do animal.

Segundo Morris (1983) e Runho et al. (2001), afirmam que o ajuste de dados pelo modelo Broken Line em casos especiais proporciona bom ajuste estatístico, mas frequentemente subestima à dose ótima.

De acordo com Robbins et al. (1979) e Pack et al. (2003) o modelo broken line aborda que a utilização do nutriente em estudo é constante até o ponto em que a resposta do animal é atendida e a partir deste ponto não existe mais respostas adicionais no desempenho do animal.

A partir dos resultados estimados pelo modelo $Quad \cap BL$ pode-se afirmar que a ingestão de met+cis para as variáveis corresponde a 329, 588, 644, 622, 639 e 609mg/ave/dia.

Sendo assim, a combinação do modelo broken line com o modelo polinomial quadrático pode ser considerada uma alternativa. Essa combinação contorna as desvantagens dos dois modelos. O valor da primeira intersecção da curva da equação quadrática com a do broken line é uma excelente forma de representar as exigências por ser um valor obtido de forma objetiva (Baker et al., 2002).

A vantagem deste modelo é que o nível ótimo encontrado não é alto como geralmente estimado pela derivação da função quadrática, nem tão baixo como

observado no modelo BL, passando a ser intermediário, no ponto de encontro entre a reta da equação e o platô. Outra opção usada pelos pesquisadores seria a aplicação de um intervalo de confiança de 95% do valor estimado pela equação quadrática.

Para a elaboração dos modelos foram utilizadas as variáveis de peso corporal, consumo de met+cis e massa de ovos foram ajustados pelo modelo de “Reading” e os parâmetros de variância estimados para população de poedeiras comerciais foram considerados.

Os dados utilizados para elaboração do modelo de “Reading” são apresentados na tabela 4. As pressuposições de normalidade e homocedasticidade foram testadas e atendidas.

Tabela 4. Parâmetros utilizados para e peso vivo em função dos níveis de Metionina+Cistina na dieta.

Níveis (%)	CMet+Cis, mg/ave/dia	Massa de Ovo, g	Peso Vivo, kg
0,160	109,12	21,84	4,198
0,223	155,40	29,93	4,128
0,319	246,80	37,06	4,554
0,383	294,66	41,75	4,272
0,447	341,55	44,21	4,477
0,575	439,73	43,90	4,845
0,638	453,33	38,27	4,735

$$\text{Met+Cis/ave/dia} = 5,22.MO + 0,03.W$$

O modelo de “Reading” utiliza os princípios do método fatorial. Ao contrário de outros modelos, não fornece uma estimativa de exigência de forma direta. Esse modelo baseia-se no princípio de que a resposta de cada indivíduo de uma população pode ser representada pelo conceito de resposta linear-platô (broken line). Essa abordagem permite obter uma série de respostas individuais e consequentemente a resposta média

da população para estabelecer o ótimo econômico com base nessa resposta marginal. De acordo com Morris (1988), no modelo de “Reading” é considerada a variabilidade entre os animais. O modelo estima a dose ótima independente do número de doses avaliadas. Isto não ocorre com ajustes obtidos pelo modelo polinomial quadrático.

As curvas obtidas por equações polinomiais quadráticas geralmente levam a superestimação do consumo necessário para um determinado nível de produção na área de respostas, enquanto as equações broken line, geralmente tendem a subestimar as exigências. Além disso, esses modelos possuem outras limitações, pois quando se ajusta uma equação empírica, não é permitido prever as respostas de outras populações ou grupos de animais com diferentes níveis de produção de ovos ou peso corporal (Fisher et al., 1973).

Através do modelo de “Reading” é possível obter estimativas para outro grupo de animais por meio do modelo gerado. Além disso, esse modelo tem como vantagem a aplicação em uma série de dados de diversos experimentos, estimando o melhor coeficiente. A eficiência de utilização da lisina também pode ser obtida. O modelo também permite analisar e verificar os componentes do modelo de forma isolada. A variação na composição do ovo e da utilização de nutrientes pode ser estudada de forma independente e os resultados desses estudos, incorporados no modelo.

De acordo com Fisher et al. (1973), esse modelo é capaz de fornecer uma descrição razoavelmente consistente dos dados experimentais disponíveis que não foram obtidos por ajustes de curvas mais convencionais.

Segundo Pack (1996), afirma que através do modelo de “Reading” é possível estimar a dose ótima econômica, considerando os preços dos nutrientes e a produção de ovos. Além disso, o autor relata que a grande limitação desse modelo é a dificuldade de considerar dados de conversão alimentar e características produtivas. Outra limitação é

dificuldade de combinar mais de um parâmetro para cálculo econômico e ainda possui grande complexidade matemática.

O modelo fatorial foi obtido utilizando coeficiente de manutenção expresso com base no peso proteico e o coeficiente de massa de ovo por meio do Reading Model.

$$\text{Met+Cis (mg/ave/dia)} = (5,22.MO) + (0,03.PBm^{0,73}.u) + (0,01.PP.76)$$

Os modelos propostos para cada período experimental podem ser aplicados em qualquer situação, na qual os aminoácidos ingeridos estão relacionados às respostas de produção, independente das condições ambientais.

Utilizando-se os parâmetros de manutenção (b) e de produção (a), determina-se as exigências para um indivíduo representativo da população (média) ou simula-se exigências para cada indivíduo de uma população (5000 mil indivíduos) de variância conhecida e distribuição normal. Para um indivíduo representativo da população (média), foi realizado uma simulação utilizando valores de peso vivo e massa de ovo.

Segundo Rostagno et al. (2007), o método fatorial estima as exigências nutricionais pelo cálculo das demandas por nutrientes para as principais funções metabólicas do animal, este método tem sido apresentado sob a forma de vários modelos matemáticos, que permitem estimar as exigências em nutrientes.

Ainda de acordo com os autores, este modelo permite flexibilizar as exigências, pois desta maneira pode-se calcular o nível nutricional adequado de cada animal de acordo com o desempenho esperado, evitando desta maneira excessos que aumentam a contaminação ambiental, ou deficiências que reduzam a produtividade.

O método fatorial em comparação ao dose resposta, as exigências são estimadas para cada nutriente e seus precursores considerando a eficiência com que cada nutriente é utilizado para cada função metabólica (Van Milgen e Noblet, 2003), dessa forma, esse

método considera o estado metabólico do animal e aspectos biológicos da utilização de nutrientes.

Segundo Hauschild (2010), as relações e as limitações entre os métodos são difíceis de serem estabelecidas a partir dos estudos realizados até o momento. Na comparação entre os métodos empírico e fatorial realizada por Pomar et al. (2003), com base em populações com diferentes graus de heterogeneidade, não foi possível estabelecer as relações entre os métodos. Além de estabelecer relações entre os métodos é importante também conhecer as limitações desses métodos quando utilizados para estimar as exigências com o objetivo de otimizar respostas de populações.

Nesse sentido, análises sistemáticas devem ainda ser realizadas para avaliar melhor as relações e limitações entre os métodos quando utilizados para estimar o nível ideal de um nutriente para populações heterogêneas (Hauschild, 2010).

Conclusão

A exigências de metionina+cistina para matrizes de frangos de corte determinadas pelos diferentes modelos matemáticos de regressão, broken line, quad+bl e fatorial foram de 471, 678, 571 e 673mg/ave/dia, respectivamente.

Literatura citada

- BAKER, A.H., EDWARDS, D.R., MURPHY, G. Metalloprotein ase inhibitors: biological actions and therapeutic opportunities. **Journal Cell Science**, v.115, p.3719–3727, 2002.
- BASAGLIA, R., SAKOMURA, N.K., FERNANDES, J.B.K., et al. Programas de alimentação para poedeiras baseado em modelo para predição das exigências de proteína. **ARS Veterinária**, v. 21, n. 1, p. 15-21, 2005.
- EFG Software. **Broiler growth model (version 6)**, Broiler nutrition optimiser (version 1), Pig growth model (version 2) and Pig nutrition optimiser (version 1). 2006.

- EMMANS, G. C.; FISHER, C. Problems in nutritional theory. In: FISHER, C.; BOORMAN, K. N. **Nutrient requirements of poultry and nutritional research**. London: Ed. Butterworths, p. 9-39, 1986.
- EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S. et al. Estimativa dos níveis nutricionais via experimentos de desempenho. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu, **Anais...** Foz do Iguaçu. p.77-88.
- FISHER, C.; LAURSEN-JONES, A.P.; HILL, K.J.; et al. The effect of copper sulphate on performance and the structure of the gizzard in broilers. **British Poultry Science**, v.14, p.55-68, 1973.
- FISHER, C.; MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirements of laying pullets by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v. 11, p. 67-82, 1970.
- HAUSCHILD, L. **Modelagem individual e em tempo real das exigências nutricionais de suínos em crescimento**. 2010. 142f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.
- LAMBERSON, W.R.; FIRMAN, D. A comparison of quadratic versus segmented regression procedures for estimating nutrient requirements. **Poultry Science**, v.81, p.481-484, 2002
- MORRIS, T.R.; GOUS, R.M. Partitioning of the response to protein between egg number and egg weight. **British Poultry Science**, p.2993-99, 1988.
- PACK, M. et al. Economic assessment of amino acid responses in growing poultry. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino acids in farm animal nutrition**. 2. Wallingford, Oxon.: CABI Publishing, 2003. cap. 25, p.459-483.
- PACK, M.; HOEHLER, D.; LEMME, A. **Economic assessment of amino acid responses in growing poultry**. In: D'Mello J.P.F. **Amino Acids in Animal Nutrition**, 2nd edition, CABI Publishing. p.459-483, 1996.
- POMAR, C., KYRIAZAKIS, I., EMMANS, G.C. et al. Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.178-186, 2003.
- POMAR, C.; BAILLEUL, D.P.J. et al. **Determinación de las necesidades nutricionales de los cerdos de engorde: Límites de los métodos actuales**. XV CURSON DE ESPECIALIZACIÓN AVANCES EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN ANIMAL. Madrid, España:Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. V.301 p. 253-276, 1999.
- REZENDE, D.M.L.C.; MUNIZ, J.A.; FERREIRA, D.F. et al. Ajuste de modelos de platô de resposta para a exigência de zinco em frangos de corte. **Ciência Agrotécnica**, v. 31, n. 2, p. 468-478, 2007.
- ROBBINS, K.L.; NORTON, H.W.; BAKER D.H. Estimation of nutrient requirements from growth data. **Journal of Nutrition**, v.109, p.1710-1714, 1979.

- RONDÓN, E.O.O.; MURAKAMI, A.E.; SHIGHERU SAKAGUTI, E. Computer modeling for poultry production and research. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v.4, n.1, p.199-207, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- ROSTAGNO, H.S.; BÜNZEN, S.; SAKOMURA, N.K. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.36, p.295-304, 2007.
- RUNHO, R. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S. et al. Exigência de fósforo disponível para frangos de corte machos e fêmeas de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 187-196, 2001.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007, 283p.
- VAN MILGEN, J., J. NOBLET. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in growing pigs. **Journal Animal Science**, v.81, p.86–93. 2003.