

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

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA E DIETAS COM PERFIL DE
AMINOÁCIDO TOTAL E DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS**

PATRÍCIA BARBOSA DE LACERDA LUCENA

**AREIA – PB
MAIO-2017**

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

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA E DIETAS COM PERFIL DE
AMINOÁCIDO TOTAL E DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS**

PATRÍCIA BARBOSA DE LACERDA LUCENA
Licenciada em Ciências Agrárias

**AREIA – PB
MAIO-2017**

PATRÍCIA BARBOSA DE LACERDA LUCENA

**AVALIAÇÃO DE FONTES DE METIONINA E DIETAS COM
PERFIL DE AMINOÁCIDO TOTAL E DIGESTÍVEL PARA
CODORNAS JAPONESAS**

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

Área de concentração: Nutrição de Não Ruminantes

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva – Orientador Principal
Prof. Dr. Fernando Guilherme Perazzo Costa
Prof. Dra. Patrícia Emília Naves Givisiez

**AREIA-PB
MAIO 2017**

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

L935a Lucena, Patrícia Barbosa de Lacerda.

Avaliação de fontes de metionina e dietas com perfil de aminoácido total e digestível para codornas japonesas / Patrícia Barbosa de Lacerda Lucena. - Areia: UFPB/CCA, 2017.

xvii, 60 f. ; il.

Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias.
Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

Bibliografia.

Orientador: José Humberto Vilar da Silva.

1. Codornas japonesas – Alimentação 2. Sistema de produção
avícola 3. Coturnix coturnix japonica – Dietas I. Silva, José Humberto
Vilar da (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 636.5(043.2)



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

**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC – UFRPE**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

TÍTULO: “Avaliação de fontes de metionina e dietas com perfil de aminoácido total e digestível para codornas japonesas”

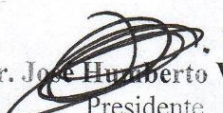
AUTORA: Patrícia Barbosa de Lacerda Lucena

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva

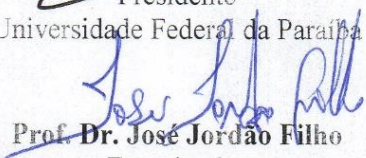
JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADA

EXAMINADORES:


Prof. Dr. José Humberto Vilar da Silva
Presidente

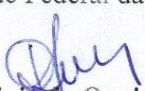
Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. José Jordão Filho
Examinador

Universidade Federal da Paraíba


Dr. Edson Lindolfo da Silva
Examinador

Universidade Federal da Paraíba


Prof. Dr. Dijair de Queiroz Lima
Examinador

Universidade Estadual da Paraíba


Prof. Dr. Marcelo Luis Gomes Ribeiro
Examinador

Universidade Federal da Paraíba

Areia, 4 de maio de 2017

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PATRÍCIA BARBOSA DE LACERDA LUCENA-filha de Adelson de Lacerda e Luzia Barbosa de Lacerda, nascida no dia 27 de julho de 1989, na cidade de Bananeiras localizada na Serra da Borborema, região do Brejo paraibano, Brasil. Em 2006 concluiu o ensino médio na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Rocha Sobrinho. Em julho de 2007 ingressou no curso de graduação em Licenciatura em Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, com defesa de monografia no dia 14 de fevereiro de 2011. Em 2007 foi monitora da disciplina de Matemática do Departamento de Ciências Sociais e Aplicadas (DCSA/UFPB). Em 2008 foi bolsista de iniciação à docência (PROLICEN/UFPB). Foi bolsista do Programa de Iniciação Científica do CNPq/UFPB nos anos de 2009 e 2010. Recebeu o prêmio Jovem Pesquisador do CNPq em 2009 e em 2010. Em 2010 foi selecionada como aluna do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do CCA/UFPB, em nível de mestrado e em 2011 ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia do CCA/UFPB. Em 2011 foi selecionada como professora tutora da disciplina de Nutrição, Alimentação Animal e Forragicultura da Universidade Aberta do Brasil, atuando até 2015.

A Deus pelo dom da vida.
OFEREÇO

Ao meu filho, Ricardo, presente de Deus e amor da minha vida.
DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos em minha vida.

Ao meu marido, Ricardo Lucena, pelo amor, carinho, amizade, companheirismo, fidelidade, apoio e paciência em todos os momentos dessa caminhada e principalmente por me fazer acreditar que sou capaz.

Ao meu filho, Ricardo, minha vida e meu tudo, por ser a causa da minha existência.

Aos meus pais, Adelson e Luzia, por sempre me motivarem a estudar e correr atrás dos meus objetivos e por sempre estarem presentes em todos os momentos.

A minha irmã, Letícia, pelo seu apoio, por suas cobranças chatas e até por sua participação no final do experimento.

Ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia pela oportunidade concedida e à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. José Humberto Vilar da Silva, pela orientação concedida durante todos esses anos.

Ao professor Dr. Walter Esfrain Pereira pela realização das análises estatística.

Ao professor Dr. Ricardo Barbosa de Lucena pela avaliação das lâminas histológicas.

Aos bolsistas do Programa de Iniciação Científica e aos alunos do curso Técnico em Agropecuária, pela ajuda na realização desses experimentos.

Ao Laboratório de Avicultura do Centro de Ciências, Humanas, Sociais e Agrárias da UFPB pelas instalações, e seus funcionários pela ajuda na execução desse trabalho.

Ao Laboratório de Histopatologia do Hospital Veterinário do Centro de Ciências Agrárias da UFPB e aos técnicos Temístocles, Ana Luzia e Rômulo pelo o auxílio no processamento histológico dos tecidos.

E a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse estudo.

SUMÁRIO

	Pag
Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Resumo Geral.....	xii
General Abstract.....	xiv
Considerações Iniciais.....	xvi
 Capítulo I – Biodisponibilidade Relativa da Metionina Hidróxi-Análoga comparada com a DL-Metionina para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>)	 17
Resumo.....	18
Abstract.....	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	22
Resultados.....	26
Discussão.....	33
Conclusões.....	36
Referências.....	38
 Capítulo II– Avaliação de Aminoácidos Totais e Digestíveis na Alimentação de Codornas Japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>).....	 44
Resumo.....	44
Abstract.....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	47
Resultados e Discussão.....	49
Conclusões.....	53
Referências.....	58
 Considerações finais.....	 60

LISTA DE TABELAS

Capítulo I – Biodisponibilidade Relativa da Metionina Hidróxi-Análoga comparada com a DL-Metionina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

	Pág.
Tabela 1- Composição alimentar e nutricional da ração basal para codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade.....	23
Tabela 2- Desempenho de codornas japonesas de 1 a 7 e de 1 a 14 dias alimentadas com ração suplementada com duas fontes de metionina em diferentes níveis.....	27
Tabela 3- Equações de regressão múltiplas e estimativas de biodisponibilidade relativa da metionina (BRM) da metionina hidróxi análogo (MHA), e respectivos coeficientes de determinação (R^2).....	28
Tabela 4- Número médio de mitoses por campo de grande aumento (objetiva de 100x) nas criptas intestinais de codornas alimentadas com rações suplementadas com DL-Met e MHA em diferentes níveis.....	29
Tabela 5- Estimativas de exigência de metionina para codornas japonesas nas fases de 1 a 7 e de 1 a 14 dias, sobre as variáveis de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e eficiência alimentar.....	30
Tabela 6- Rendimentos de carcaça, peito, sobrecoxa e coxa e peso de penas de codornas japonesas aos 14 dias de idade alimentadas com dietas suplementadas com níveis crescentes duas fontes de metionina.....	31
Tabela 7- Estimativas de exigência de metionina para rendimentos de carcaça e peso de penas de codornas japonesas aos 14 dias de idade.....	32

Capítulo II – Avaliação de Aminoácidos Totais e Digestíveis na Alimentação de Codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

	Pág.
Tabela 1- Composição de ingredientes das rações experimentais formuladas com base em três níveis de uma mistura de aminoácidos essenciais totais e digestíveis para codornas japonesas na fase de postura.....	50
Tabela2-Composição proteica e aminoacídica das dietas experimentais formuladas em diferentes concentrações na base de aminoácidos totais e digestíveis.....	51
Tabela 3- Equações de regressão obtida para produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos e conversão alimentar por massa de ovos de codornas japonesas, em função das concentrações de aminoácidos na dieta.....	54
Tabela 4- Qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com rações baseadas em aminoácidos totais e digestíveis em diferentes concentrações.....	55

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I – Biodisponibilidade Relativa da Metionina Hidróxi-Análoga comparada com a DL-Metionina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

	Pág.
Figura 1- Altura de vilosidade e úmero médio de mitoses em criptas intestinais de codornas alimentadas com diferentes níveis de metionina.....	29
Figuras 2AB- Secções histológicas das criptas intestinais do jejuno de codornas com deficiência de metionina e suplementada com metionina na dieta. (A) Numerosas mitoses (seta) nas criptas de uma codorna submetida à dieta deficiente em metionina. (B) Raras mitoses no epitélio das criptas intestinais de cordorna suplementada com metionina. Hematoxilina e eosina, objetiva 100x.....	29

APLICAÇÃO DE NOVOS CONCEITOS NO BALANCEAMENTO DE AMINOÁCIDOS EM RAÇÕES PARA CODORNAS JAPONESAS

RESUMO GERAL: O surgimento da produção de aminoácidos sintéticos, trouxe várias vantagens aos sistemas de produção avícolas, desde o desempenho até os custos de produção. Isso atraiu a atenção dos pesquisadores para a aplicação de novas metodologias para a formulação de rações com base nas necessidades específicas de aminoácidos essenciais, entre estas a formulação de rações com base nas necessidades específicas de aminoácidos essenciais (AAE), entre estes a formulação de dietas baseadas na digestibilidade ou na biodisponibilidade de AAE. Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram avaliar a biodisponibilidade relativa (BR) da Metionina Hidroxi Análogo (DL-MHA) em comparação com a DL-Metionina (DL-Met) e comparar a formulação de dietas com base em aminoácidos totais versus digestíveis na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Esta tese foi dividida em dois capítulos. No Capítulo I, foram utilizadas 550 codornas japonesas, fêmeas, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 5 + 1$, sendo duas fontes de metionina (DL-Met e DL-MHA) fornecidas em 5 níveis na ração (0,29; 0,35; 0,41; 0,47 e 0,53%), além de uma dieta controle, sem a inclusão de fontes sintéticas de metionina, totalizando 11 tratamentos, com cinco repetições e 10 aves por unidade experimental. O tratamento controle, consistiu em uma ração isoenergética e isoproteica à base de milho e farelo de soja, sem a suplementação de metionina recomendada para codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade e suplementada com DL-Met (99%) ou MHA-FA (88%) em vez de ácido glutâmico. O ganho de peso (kg) e a conversão alimentar (kg / kg) foram avaliados aos 7 e 14 dias. A análise de variância foi realizada ($P \leq 0,05$) e a biodisponibilidade relativa (RB) foi estimada por análises de regressão linear múltipla seguindo o método dos coeficientes de regressão "slope ratio". Para o ganho de peso, conversão alimentar e eficiência alimentar de 1 a 7 dias, a BR da DL-MHA foi de 90,61, 75,00 e 70,19% ($R^2 = 0,98, 0,85$ e $0,96$). De 1 a 14 dias, as estimativas foram 91,44, 95,04 e 87,46% ($R^2 = 0,98, 0,85$ e $0,96$). As codornas que receberam rações basais ou suplementadas com MHA apresentaram menor altura de vilosidades e aumento considerável do número de mitoses nas criptas intestinais do jejuno, quando comparadas aquelas que receberam DL-Met. Os aumentos dos níveis de metionina acima de 0,43% favoreceram em uma redução na taxa de mitoses nas células das criptas. O BR médio da MHA-FA para codornas japonesas foi de 82,80% de 1 a 7 dias e 93,24% de 1 a 14 dias. O melhor desempenho de codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade foi com o nível de 0,47% de Met total ou 0,43% de Met digestível. No Capítulo II, foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, com 56 dias de idade, durante 5 períodos experimentais de 21 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com duas recomendações de aminoácidos, total (AAT) e digestível (AAD), em três níveis cada (100, 95 e 90%), totalizando seis tratamentos, com seis repetições de cinco aves por unidade experimental. As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja. Ao final de cada período experimental foram avaliados o consumo de ração (g/ave), dúzia de ovos por ave (%/ave), percentual de ovos/ave/dia (%), peso (g) e a massa de ovos (g/ave/dia) e a conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo e kg de ração/dúzia de ovo), unidade Haugh (UH), gravidade específica (g/cm³) e pigmentações

da gema através do leque colorimétrico da Roche e pelo cromatógrafo Minolta. O consumo de ração aumentou com a redução das concentrações de AAT e reduziu com a redução das concentrações de AAD. Houve redução linear da produção de ovos, peso dos ovos e massa de ovos e piora da conversão alimentar por massa de ovo com reduções sobre as concentrações de aminoácidos na dieta. A coloração de gema melhorou linearmente com a redução das concentrações de aminoácidos na ração. A pigmentação de gema foi melhor para as aves que receberam rações com base em aminoácidos totais. A formulação para 100% de AAD é melhor para o desempenho produtivo das codornas japonesas na fase de postura.

Palavras-chave: biodisponibilidade, crescimento, desempenho, digestibilidade, ovos, postura

APPLICATION OF NEW CONCEPTS ON AMINO ACID BALANCING IN QUESTIONS FOR QUAILING

ABSTRACT: The emergence of synthetic amino acid production has brought several advantages to poultry production systems, from performance till production costs. This has attracted the attention of researchers for the application of new methodologies for formulating feeds based on the specific needs of essential amino acids (EAA), among them the formulation of diets based on digestibility or in the future in the bioavailability of EAA. Thus, the objectives of this work were to evaluate the relative bioavailability (RB) of Methionine Hydroxy-Analog (DL-MHA) compared to DL-Methionine (DL-Met), and to compare diets formulating based on total versus digestible amino acids in the Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) feeding. This thesis was divided into two Chapters. In Chapter I, 550 female of Japanese quails, distributed in a completely randomized experimental design, were used in a $2 \times 5 + 1$ factorial scheme, two methionine sources (DL-Met and DL-MHA) supplied in 5 levels (0, 29, 0.35, 0.41, 0.47 and 0.53%) plus a control diet, without inclusion of synthetic methionine sources, totaling 11 treatments, with five replicates of 10 birds per experimental unit. The control treatment consisted of an iso-energetic and isoprotein diet based on corn and soybean meal, without supplementation of methionine recommended for Japanese quails from 1 to 14 days of age and supplemented with DL-Met (99%) or DL-MHA (88%) in expense of glutamic acid. Weight gain (kg) and feed conversion (kg/kg) were assessed at 7 and 14 days of age. Analysis of variance was performed ($P < 0.05$) and BR was calculated by slope ratio technique by the relationship between the multiple regression coefficients for MHA-FA by the regression coefficient for DLMet. For weight gain, feed conversion and feed efficiency from 1 to 7 day, BR of MHA-FA was 90.61, 75.00% and 70.19% ($R^2 = 0.98, 0.85$ and 0.96). For weight gain, feed conversion and feed efficiency from 1 to 14 day, BR of MHA-FA was 91.44, 95.04 and 87.46% ($R^2 = 0.98$ e 0.85). From 1 to 14 d, estimates were de 91.44 e 95.04% ($R^2 = 0.95$ e 0.92), respectively. The average BR of MHA-FA for Japanese Quails was 78.6 % from 1 to 7 d and 85.55 % from 1 to 14 d. Quails fed basal or MHA-supplemented diets showed lower villus height and considerable increase in the number of mitoses in intestinal crypts when compared to those receiving DL-Met. The increase in methionine levels above 0.43% favored a reduction in the rate of mitosis in crypt cells. The evaluation of the estimated methionine level for the best performance of Japanese quail from 1 to 14 days of age is 0.47%. The best performance of Japanese quails from 1 to 14 days of age was with the level of 0.47% of total Met or 0.43% of digestible Met. In Chapter II, 180 Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) females, eight weeks old, were used during 5 experimental periods of 21 days. The experimental design was completely randomized, with two diets based on amino acids (total and digestible) at three concentrations each (100, 95 and 90%), totaling six treatments, with six replicates of five birds per experimental unit. The experimental rations were formulated with corn and soybean meal, isoenergetic (2800 kcal ME / kg) and isoprotein (20% PB). At the end of each experimental period, feed intake (g / bird), dozen eggs per bird (% / bird), percentage of eggs / bird / day (%), weight (g) and egg mass Kg / kg of feed / dozen egg), Haugh unit

(UH), specific gravity (g / cm³) and yolk pigmentation through the colorimetric range of Roche® and the Minolta® chromatograph. Feed consumption increased with the reduction of AAT concentrations and decreased with the reduction of AAD concentrations. There was a linear reduction in egg production, egg weight and egg mass, and worsening of feed conversion by egg mass with reductions in the concentration of amino acids in the diet. Yolk staining improved linearly with the reduction of amino acid concentrations in the feed. Yolk pigmentation was better for birds fed total amino acid based feeds. The formulation for 100% AAD is better for the productive performance of Japanese quails in the laying phase.

Key-words: bioavailability, growth, performance, digestibility, eggs, posture

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O advento dos aminoácidos industriais associado ao aprimoramento dos métodos analíticos dos alimentos, o constante avanço no melhoramento genético e respectiva atualização das exigências nutricionais das aves tem favorecido a adoção de novas abordagens no balanceamento de aminoácidos das dietas a partir do desenvolvimento do conceito de proteína ideal.

Por muitos anos, as rações para codornas foram formuladas com base nas concentrações de aminoácidos totais. No entanto, os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos essenciais dos alimentos mais utilizados nas rações de codornas já foram tabelados. A opção por formular rações com base na concentração de aminoácido total dos alimentos altera as ingestões diárias dos aminoácidos digestíveis exigidos pelas aves e, conseqüentemente, diminui as eficiências de utilização para as sínteses de proteína corporal e do ovo.

Para contabilizar as diferenças no teor de aminoácidos digestíveis dos diferentes ingredientes da ração, principalmente para aqueles de baixa qualidade ou subprodutos industriais, são adotadas grandes margens de segurança. Todavia, essa técnica promove a ingestão excessiva de aminoácidos, com conseqüente desaminação e posterior excreção do nitrogênio residual pelos rins, o que resulta um alto gasto energético para o organismo, devido ao menor fornecimento de energia para a síntese de proteína orgânica.

A proteína é o componente mais caro das rações de codornas e quando em excesso eleva o custo com a alimentação, as perdas de desempenho e de aminoácidos essenciais e a concentração de amônia nas instalações, resultado da conversão do ácido úrico por microrganismos da cama, que em níveis acima de 20 ppm no ar pode afetar a produção das aves e a saúde das codornas e dos seres humanos.

A digestibilidade é definida como a diferença entre a quantidade de um determinado aminoácido ingerido pelo animal e a quantidade que é excretada nas fezes ou fluidos ileais do animal dividido pela quantidade ingerida.

A formulação de rações com base nos aminoácidos digestíveis surgiu a partir da necessidade de reduzir o percentual de proteína bruta das rações sem afetar o

desempenho animal, de forma que possibilitasse a maximização da síntese da proteína orgânica a um baixo custo e com redução na excreção de nitrogênio.

Além disso, com o aumento do preço do milho e do farelo de soja, a formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis possibilitou a utilização de alimentos alternativos a estes ingredientes, principalmente em regiões nas quais há restrições de milho e farelo de soja, reduzindo consequentemente o preço das rações. Portanto, rações formuladas com base em aminoácidos digestíveis atenderiam mais eficientemente as exigências aminoacídicas que aquelas formuladas com base na concentração total de aminoácidos.

No que se refere a biodisponibilidade de aminoácidos, esta é definida como a proporção de aminoácidos na dieta ingerida que é absorvida numa forma química, tornando-se potencialmente adequada para a síntese de proteínas ou metabolismo.

Entre os aminoácidos industriais, há no mercado diferentes fontes sintéticas de metionina; as mais utilizadas são a DL-metionina (DLM) em forma de pó, com 99% de pureza e a DL-2hidróxi-4-metil-tio-butanóico, na forma líquida, denominada de metionina hidróxi análoga (MHA) com 88% de pureza. Contudo, nos últimos anos a efetividade biológica destas fontes de metionina e as razões que as diferem tem sido questionada entre os nutricionistas, posto que o conhecimento da eficiência biológica poderá assegurar o desempenho zootécnico e econômico dos animais.

Dessa forma, o conhecimento das formas de suplementação dos aminoácidos nas rações, torna-se importante devido a sua participação no crescimento, produção e qualidade de ovos de codornas, uma vez que, a maioria dos estudos são realizados em frangos ou em galinhas poedeiras.

CAPÍTULO I

BIODISPONIBILIDADE DA METIONINA HIDRÓXI-ANÁLOGA RELATIVA A DL-METIONINA PARA CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)

Biodisponibilidade da Metionina Hidróxi-Análogo Relativa a DL-Metionina para Codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

RESUMO

O experimento foi realizado para estimar a biodisponibilidade relativa (BR) da DL-Metionina Hidroxi-Análogo líquida (MHA) comparada com a DL-Metionina (DL-Met) para codornas, codornas de 1 a 7 dias e de 1 a 14 dias de idade. Assim como determinar a taxa de proliferação das células intestinais. Um total de 550 codornas japonesas, fêmeas, foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 5 + 1$, sendo duas fontes de metionina (DL-Met e DL-MHA) adicionadas para proporcionar cinco níveis de metionina total (0,29; 0,35; 0,41; 0,47 e 0,53%) mais um tratamento controle (0,23% Met total), contendo L-Met de origem do milho e do farelo de soja, totalizando 11 tratamentos, com cinco repetições e 10 aves por unidade experimental. As dietas foram isoenergética e isoproteica a base de milho e farelo de soja deficiente em metionina e suplementada com DL-Met (99%) ou MHA-FA (88%) no lugar de ácido glutâmico. A exigência de cistina foi atendida usando a suplementação de L-Cistina (99%), permitindo teoricamente que a BR da MHA-FA-88% fosse separado da influência de cistina. Os níveis totais de metionina foram 0,23% (deita basal) e 0,29, 0,35, 0,41, 0,47 e 0,53% para dietas formuladas com DL-Met (99%) ou MHA-FA (88%). O ganho de peso (kg) e a conversão alimentar (kg/kg) foram avaliadas aos 7 e 14 dias de idade. A análise de variância foi realizada e a BR foi calculada pela técnica *slope ration* pela relação entre o coeficiente de regressão múltipla para MHA-FA pelo coeficiente de regressão para DL-Met. Para o ganho de peso, conversão alimentar e eficiência alimentar de 1 a 7 dias, a BR da MHA-FA foi de 90,61, 75,00 e 70,19% ($R^2 = 0,98, 0,85$ e $0,96$) e de 1 a 14 dias, a BR da MHA-FA foi de 91,44, 95,04 e 87,46% ($R^2 = 0,98, 0,85$ e $0,96$). As codornas que receberam rações basais ou suplementadas com MHA apresentaram menor altura de vilosidades e aumento considerável do número de mitoses nas criptas intestinais do jejuno, quando comparadas aquelas que receberam DL-Met. Os aumentos dos níveis de metionina acima de 0,43% favoreceram em uma redução na taxa de mitoses nas células das criptas. O BR médio da MHA-FA para codornas japonesas foi de 78,6% de 1 a 7 dias e 85,55% de 1 a 14 dias. O melhor desempenho de codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade foi com o nível de 0,47% de Met total ou 0,43% de Met digestível.

Palavras-Chave: Aminoácidos, Bioeficácia, Desempenho.

Relative bioefficacy of methionine hydroxy-analog compared with DL-methionine for Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*)

ABSTRACT

The trial was carried out to estimate the relative bioefficacy (RB) of liquid DL-methionine hydroxy analog-free acid (MHA-FA) compared with DL-methionine (DL-Met) for quail of 1 to 7 and 1 to 14 days of age. As well as determining the rate of proliferation of jejunal crypt cells. A total of 550 females of Japanese Quails were placed in according to a completely randomized design into eleven treatments, with five replicates with 10 birds each. Isonitrogenous and isoenergetic corn-soybean meal methionine-deficient diet and supplemented with DL-Met (99%) or MHA-FA (88%) in place of glutamic acid. Cystine requirement was fulfilled using L-cystine (99%) supplementation, theoretically enabling the RB of MHA-FA-88% separate from cystine influence. The total methionine levels were 0.23% (basal diet) and 0.29, 0.35, 0.41, 0.47 and 0.53% for diets formulated with either DL-Met (99%) or MHA-FA (88%). Weight gain (kg) and feed conversion (kg/kg) were assessed at 7 and 14 days of age. Analysis of variance was performed ($P < 0.05$) and RB was calculated by slope ratio technique by the relationship between the multiple regression coefficients for MHA-FA by the regression coefficient for DLMet. For weight gain, feed conversion and feed efficiency from 1 to 7 day, BR of MHA-FA was 90.61, 75.00% and 70.19% ($R^2 = 0.98, 0.85$ and 0.96). For weight gain, feed conversion and feed efficiency from 1 to 14 day, BR of MHA-FA was 91.44, 95.04 and 87.46% ($R^2 = 0.98$ e 0.85). From 1 to 14 d, estimates were de 91.44 e 95.04% ($R^2 = 0.95$ e 0.92), respectively. The average BR of MHA-FA for Japanese Quails was 78.6 % from 1 to 7 d and 85.55 % from 1 to 14 d. Quails fed basal or MHA-supplemented diets showed lower villus height and considerable increase in the number of mitoses in intestinal crypts when compared to those receiving DL-Met. The increase in methionine levels above 0.43% favored a reduction in the rate of mitosis in crypt cells. The evaluation of the estimated methionine level for the best performance of Japanese quail from 1 to 14 days of age is 0.47%. The best performance of japanese quails from 1 to 14 days of age was with the level of 0.47% of total Met or 0.43% of Digestible Met.

Keywords: Bioavailability, Performance, Sulfur-amino acid

1. INTRODUÇÃO

A utilização de aminoácidos industriais permite o balanceamento dos aminoácidos essenciais nas rações, resultando em melhoras tanto no comportamento fisiológico das aves, quanto nos fatores econômicos e ambientais. Dessa forma, as exigências nutricionais são atendidas, mesmo quando as aves são alimentadas com rações contendo alimentos de baixo valor proteico. Além disso, o balanceamento de aminoácidos reduz a excreção de nitrogênio no ambiente e, conseqüentemente, a poluição ambiental (HAN; LEE, 2000).

Entre os aminoácidos essenciais, a metionina é classificada nutricionalmente como o primeiro aminoácido limitante e essencial para aves, devido a sua participação na síntese proteica (WARNICK & ANDERSON, 1968) e por ser fonte doadora de grupos metil para a formação do DNA (HOFFMAN, 1984), além de outros compostos, tais como: cisteína, creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina, melatonina, glutamina, taurina e coenzima A (BAKER et al., 1996; NELSON et al., 2002). Dessa forma, a concentração adequada deste aminoácido e a fonte que será suplementada na dieta, tornam-se fatores importantes, pois a disponibilidade e a bioeficácia da metionina podem variar conforme as diferentes fontes de metionina, resultando em diferenças no desempenho das aves (LEMME, 2001; PAYNE, et al., 2006).

Por outro lado, a deficiência de metionina tem um significativo impacto negativo no crescimento do animal, indução de desordens metabólicas e redução do potencial de defesa do organismo às doenças. Está estabelecido que a restrição de metionina altera a expressão gênica e resulta em apoptose (POGRIBNY et al., 2008). As células intestinais perdidas por meio de apoptose devem ser substituídas por células que proliferam e se diferenciam nas criptas (WILLE et al., 2004). Porém, não são encontrados estudos na literatura que façam uma associação entre a proliferação celular intestinal com a deficiência de metionina e o desempenho animal.

Atualmente, as duas principais fontes comerciais de metionina utilizadas nas rações para aves são a DL-metionina (DLM) e a Metionina Hidróxi-Análoga líquida (MHA). Os análogos de metionina diferenciam-se da DL-metionina por apresentarem um grupamento hidroxila (OH) no lugar do grupamento amina (NH₂), localizado no carbono alfa da molécula. Além disso, as duas diferem nos processos fisiológicos de

absorção intestinal e excreção urinária, uma vez que, a DL-Met é absorvida de maneira ativa, o que permite que seja transportada contra um gradiente de concentração (VISENTINI et al., 2005), enquanto, a MHA é absorvida de forma passiva, por difusão, o que requer a passagem de um meio com maior concentração da substância para um meio menos concentrado (KNIGHT & DIBNER, 1984).

A primeira referência sobre o emprego da MHA na alimentação animal, data de 1932 em um trabalho realizado por Block e Jackson, no qual foi observado que a MHA estimulava o crescimento dos ratos alimentados com rações deficientes em cistina. Desde então, iniciou-se as pesquisas sobre as fontes análogas de metionina como doadoras de aminoácido metionina e, com isto, muitas dúvidas surgiram sobre a bioequivalência desses análogos, cujos valores variam de 65 a 100%, assim como na consideração ou não da equimolaridade, evidenciando a falta de critério para a substituição da DL-Metionina pelos análogos (VISENTINI et al., 2005). No entanto, a maioria dessas pesquisas são realizadas com frangos e poedeiras, sendo escassos os trabalhos com codornas.

Com o conhecimento da biodisponibilidade das fontes de metionina, pode-se assegurar o atendimento das exigências nutricionais desse aminoácido, permitindo a suplementação das rações de forma efetiva e favorecendo a comparação do preço de mercado dos produtos (CARVALHO et al., 2009).

Diante disso, objetivou-se estimar as exigências e as biodisponibilidades de DL-Metionina e Metionina Hidróxi Análogo para codornas japonesas na fase de crescimento, além de determinar a taxa de proliferação das células intestinais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Avicultura do Departamento de Ciências Animal do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias - CCHSA/UFPB, no município de Bananeiras-PB e aprovado pelo Comitê de ética da UFPB, sob o número 007/2017.

2.1. Animais, delineamento experimental e instalações

Foram utilizadas 550 codornas japonesas, fêmeas, com um dia de idade de idade, com média de peso corporal de $9,95 \pm 1,55$ g, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial $2 \times 5 + 1$, sendo duas fontes de metionina (DL-Met e DL-MHA) adicionadas para proporcionar cinco níveis de metionina total (0,29; 0,35; 0,41; 0,47 e 0,53%) mais um tratamento controle (0,23% Met total), contendo L-Met de origem do milho e do farelo de soja, totalizando 11 tratamentos, com cinco repetições e 10 aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em gaiolas sobrepostas, de arame galvanizado, medindo 0,5 m X 0,5 m (0,25 m²), providas de um bebedouro tipo “nipple” e um comedouro tipo calha. A água e rações foram oferecidas *ad libitum* e o fotoperíodo foi de 24 horas de luz.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados diariamente por meio de termohigrômetros de máxima e mínima localizados em pontos estratégicos das salas na altura do dorso das aves.

Os valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, máxima e mínima, ao longo do período experimental foram, respectivamente, de 37,4 e 28,04°C e 65 e 33%.

2.2. Rações experimentais

Foi utilizada uma ração basal (Tabela 1) formulada principalmente com milho e farelo de soja para satisfazer as exigências nutricionais de codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade (SILVA E COSTA, 2009).

Tabela 1- Composição alimentar e nutricional da ração basal para codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade.

Ingredientes	Dieta Basal (%)
Milho	59,490
Farelo de soja	25,594
Calcário	0,956
Óleo soja	0,709
Fosfato bicálcico	1,040
Bicarbonato de sódio	0,491
Cloreto de colina	0,150
Concentrado proteico	1,028
L-Lisina HCL	0,341
L-Treonina	0,246
L-Glutamato	7,521
L-Cistina	0,101
L-Isoleucina	0,078
L-Valina	0,040
Premix vitamínico ¹	0,150
Premix mineral ²	0,050
BHT ³	0,010
Bacitracina de zinco	0,010
Coxistac	0,005
Inerte ⁴	1,990
TOTAL	100,000
Composição Calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.900,00
Proteína Bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,700
Fósforo disponível (%)	0,300
Sódio (%)	0,150
Potássio (%)	0,663
Cloro (%)	0,140
Metionina Total (%)	0,230
Cistina Total (%)	0,330
Met+Cist Total (%)	0,560
Lisina Total (%)	1,038
Treonina Total (%)	0,803
Isoleucina Total (%)	0,890
Valina Total (%)	0,740

Recomendações nutricionais Silva e Costa (2009)

¹Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 36.000.000 UI, vitamina D3 7.400.000 UI, vitamina E 64.000 UI, vitamina K3 8.000 mg, vitamina B12 48.000 mg, vitamina B1 6.400 mg, vitamina B2 20.000 mg, vitamina B6 9.600 mg, ácido fólico) 2.800 mg, Ácido Pantotênico 44.000 mg, Ácido Nicotínico 120.000 mg, Biotina 200 mg.

²Composição básica do produto: sulfato de ferro, sulfato de cobre, óxido de zinco, monóxido de manganês, selenito de sódio, iodeto de cálcio, veículo q.s.p. níveis de garantia por kg do produto: manganês 140.000 mg, zinco 120.000 mg, ferro 100.000 mg, cobre 18.000 mg, iodo 2000 mg, selênio 600 mg.

³BHT = beta hidroxi tolueno, antioxidante. ⁴Areia lavada

A ração basal (0,23% de metionina total) foi isocalórica e isonitrogênica com as outras rações e exceto Met que foi suplementada com DL-Met (99% Met) e DL-MHA (88% Met) para proporcionar níveis crescentes de Met (0,29; 0,35; 0,41; 0,47 e 0,53%) os demais nutrientes atendiam as exigências das aves. Para substituição da DL-Met pela MHA-AL em base equimolar considerou-se que 1 unidade de DL-Met correspondia a 1,125 unidades de DL-MHA. Para determinação da disponibilidade da MHA-AL, considerou-se a Met da DL-Met como padrão de referência 100% biodisponível.

2.3. *Variáveis avaliadas*

As características de desempenho avaliadas ao final da fase experimental foram o peso vivo, ganho de peso, calculado a partir da diferença entre os pesos corporais registrados no primeiro dia de vida e ao final de cada fase. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida, no início de cada fase, e a quantidade da sobra de ração no final de cada fase, em seguida, o consumo da parcela foi dividido pelo número de aves para obter o consumo individual de ração. A conversão alimentar foi ajustada pelo número de animais médio de cada parcela experimental, sendo calculada pela divisão do consumo de ração pelo ganho de peso das aves.

Aos 14 dias de idade, foram abatidas duas aves por unidade experimental (10 por tratamento), após jejum de sólidos de 12 h de duração para esvaziamento do trato digestório. As aves foram selecionadas pela média de peso considerando um intervalo de $\pm 5\%$ do peso médio. Depois de abatidas as aves foram pesadas e evisceradas para avaliação de rendimento da carcaça, peito, sobrecoxa e coxa e peso de penas. O rendimento da carcaça foi feito em relação ao peso vivo do animal e os rendimentos dos cortes e penas foram realizados em relação a carcaça do animal.

2.4. *Análise histológica*

Para avaliação do jejuno foi utilizado fragmento de cinco de centímetros do jejuno de duas aves por cada unidade experimental (10 aves por tratamento) foram

fixados em formalina tamponada a 10% por 48 horas. Posteriormente, as amostras foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol (70%, 80%, 95% e 100%) e clarificadas em xileno. Os tecidos foram infiltrados e embebidos em parafina, cortados a quatro micrômetros e corados com hematoxilina e eosina (KAKIMOTO et al., 2008).

Para determinar a altura das vilosidades intestinais, 30 vilosidades de um segmento do jejuno de cada ave foram analisados por imagem digitalizadas. As medidas das vilosidades foram realizadas pelo Software Image J após a conversão das imagens digitalizadas para o Tagged Image File Format (Tiff).

A avaliação das criptas foi realizada, em microscópio Olympus BX43, desde a parte mais basal até porção mais apical, segundo protocolo previamente descrito (KAVOI et al., 2016). Foram avaliadas 10 áreas de cada intestino e realizadas microfotografias, utilizando o programa fotográfico analySIS® getIT, através de câmera Olympus SC30. Foi computado o número de mitoses por campo em objetiva de 100x e feita a média de mitoses por intestino de cada ave.

2.5. Análises Estatísticas

A biodisponibilidade de metionina nas duas fontes comerciais de metionina foi estimada por análises de regressão linear múltipla seguindo o método da relação dos coeficientes de regressão "slope ratio".

Os dados de desempenho foram utilizados como critério para a determinação da biodisponibilidade relativa da metionina como variável dependente (y), e o consumo de metionina como variável independente (x).

Na determinação da equação de regressão linear múltipla, utilizou-se o seguinte modelo matemático: $Y_i = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3$, onde: X_1 = consumo de metionina na ração basal; X_2 = consumo de metionina na ração com a DL-metionina; X_3 = consumo de metionina na ração com a MHA.

As exigências em metionina para codornas japonesas foram estimadas por meio de equações de regressão polinomiais. A escolha do melhor modelo de regressão se pautou pelo nível de significância e coeficiente de determinação de cada modelo, além da resposta biológica das aves.

3. RESULTADOS

Durante as fases de 1 a 7 e de 1 a 14 dias, não foi observado interações significativas ($P > 0,05$) entre as fontes e níveis de metionina sobre o desempenho das codornas japonesas (Tabela 2). Contudo, os níveis de metionina avaliados como fator principal influenciaram de forma quadrática ($P \leq 0,05$) o desempenho das codornas de 1 a 14 dias, com exceção apenas sobre o consumo de ração (Tabela 2).

As fontes de metionina influenciaram ($P \leq 0,05$) apenas a eficiência alimentar das codornas na fase de 1 a 14 dias, na qual, a DL-Met melhorou a eficiência alimentar das codornas quando comparadas as que receberam ração com MHA (Tabela 2).

Tabela 2- Desempenho de codornas japonesas de 1 a 7 e de 1 a 14 dias alimentadas com ração suplementada com duas fontes de metionina em diferentes níveis

1 a 7 dias								
Níveis (%)	Consumo de Ração (g/ave)		Ganho de Peso (g)		Conversão Alimentar (kg/kg)		Eficiência Alimentar (kg/kg)	
	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA
Basal (0,23)	69,52		22,22		3,129		31,96	
0,29	75,36	72,72	26,22	25,98	2,874	2,799	34,79	35,72
0,35	77,00	75,44	29,51	26,82	2,609	2,813	38,33	35,55
0,41	77,58	76,36	29,28	28,62	2,650	2,668	37,74	37,48
0,47	74,68	78,21	29,82	30,36	2,504	2,576	39,93	38,82
0,53	76,04	78,62	29,62	29,64	2,567	2,652	38,95	37,70
Média	76,13	76,27	28,89	28,28	2,635	2,69	37,95	37,05
CV (%)	3,30		8,30		6,24		4,03	
Níveis	Q*		Q*		Q*		Q*	
Fontes	ns		ns		ns		Ns	
Níveis x Fontes	ns		ns		ns		Ns	
1 a 14 dias								
Basal (0,23)	138,25		35,90		3,850		25,97c	
0,29	143,02	152,50	42,21	40,57	3,388	3,758	29,51	26,60
0,35	146,44	146,15	46,52	41,15	3,147	3,551	31,77	28,15
0,41	146,50	146,62	45,04	43,78	3,252	3,349	30,74	29,85
0,47	143,69	147,64	44,51	46,11	3,227	3,201	30,98	31,23
0,53	147,67	148,21	44,92	46,56	3,287	3,182	30,42	31,41
Média	149,04	148,22	44,64	43,63	3,358	3,379	30,68a	29,45b
CV (%)	4,75		7,09		4,46		3,44	
Níveis	ns		Q*		Q*		Q*	
Fontes	ns		ns		ns		*	
Níveis x Fontes	ns		ns		ns		ns	

Q= Efeito quadrático; ns = não significativo.

*(P<0,05); **(P<0,01)

CV=

coeficiente

de

variação

Através das análises de regressão linear múltipla, determinou-se para o período de 1 a 7 dias uma biodisponibilidade de 90,61, 75,00 e 79,19% da MHA na base molar para ganho de peso, conversão alimentar e eficiência alimentar, respectivamente. Na fase de 1 a 14 dias a BR da MHA para ganho de peso foi de 91,44%, conversão alimentar de 95,04% e eficiência alimentar de 85,55% (Tabela 3).

Tabela 3 - Equações de regressão múltiplas e estimativas da biodisponibilidade relativa da metionina (BRM) da metionina hidróxido análogo (MHA), e respectivos coeficientes de determinação (R^2)

Parâmetro	Equação	R^2	BRM (%)
1 a 7 dias			
Ganho de peso (g)	$Y = 22,44925 - 0,99675X_1 + 15,55390X_2 + 14,09357X_3$	0,98	90,61
Conversão alimentar (%)	$Y = 2,98417 - 0,63404X_1 - 0,88558X_2 - 0,67088X_3$	0,85	75,00
Eficiência Alimentar (%)	$Y = 32,39912 - 3,95679X_1 + 15,83559X_2 + 11,11553X_3$	0,96	70,19
Média de BR			78,6
1 a 14 dias			
Ganho de peso (g)	$Y = 37,33527 - 2,54463X_1 + 17,38535X_2 + 15,89863X_3$	0,95	91,44
Conversão alimentar (%)	$Y = 4,06288 - 1,36034X_1 - 1,69322X_2 - 1,60924X_3$	0,92	95,04
Eficiência Alimentar (%)	$Y = 27,27914 - 3,91074X_1 + 8,46637X_2 + 7,40501X_3$	0,93	87,46
Média de BR			85,55

Y= Variável dependente;

X1 = Consumo de metionina da dieta basal; X2 = Consumo de DL-Metionina; X3 = Consumo de MHA

BRM= Bioeficácia relativa de metionina

As aves que receberam rações suplementadas com DL-Met apresentaram maior altura de vilosidades ($P \leq 0,05$) quando comparadas aquelas que recebem ração basal ou suplementada com MHA (Tabela 4). Houve aumento considerável do número de mitoses nas criptas intestinais das codornas alimentadas com rações sem suplementação de metionina (Tabela 4 e Figuras 1 e 2), assim como nas codornas suplementadas com DL-MHA, quando comparadas àquelas que receberam DL-Met. Observou-se que com o aumento dos níveis de metionina total a 0,43% ou 0,39% digestível (considerando um coeficiente de digestibilidade da metionina de 90,7%), independentemente das fontes, houve uma redução de até 32,73% do número de mitoses nas células das criptas. No entanto, níveis de metionina total acima de 0,43% resultaram em aumento de mitoses das células das criptas.

Tabela 4- Altura de vilosidade e número médio de mitoses por campo de grande aumento (objetiva de 100x) nas criptas intestinais de codornas alimentadas com rações suplementadas com DL-Met e MHA em diferentes níveis

Níveis (%)	Altura de vilosidade (µm)		Mitoses	
	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA
Basal (0,23)	121,23c		13,47a	
0,29	148,33	136,70	3,30	8,05
0,35	145,27	135,14	5,38	6,58
0,41	143,46	138,33	5,63	5,61
0,47	140,84	140,39	5,83	4,72
0,53	147,89	136,64	3,33	6,72
Média	145,158a	137,64b	4,69c	6,33b
CV(%)	2,59		22,44	
Níveis	ns		Q*	
Fontes	*		ns	
Níveis x Fontes	ns		ns	

L= Efeito linear; Q= Efeito quadrático; ns = não significativo.

*(P<0,05); **(P<0,01)

CV= coeficiente de variação

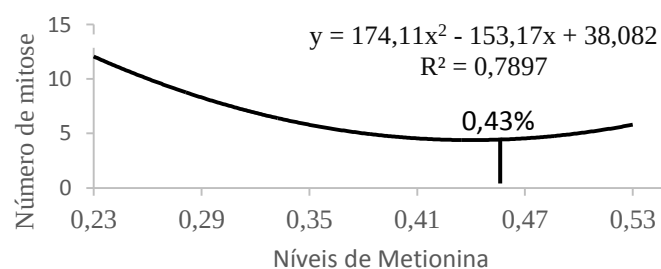


Figura 1. Número médio de mitoses em criptas intestinais de codornas alimentadas com diferentes níveis de metionina

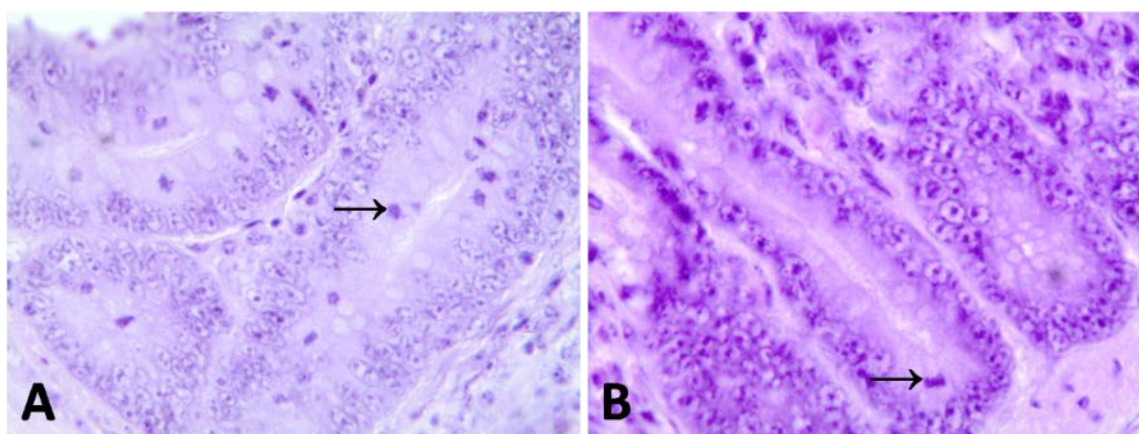


Figura 2AB. Secções histológicas das criptas intestinais do jejuno de codornas com deficiência de metionina e suplementada com metionina na dieta. Notam-se numerosas mitoses (seta) nas criptas de uma codorna submetida à dieta deficiente em metionina (A). Na codorna suplementada com de metionina observam-se raras mitoses no epitélio das criptas (B). Hematoxilina e eosina, objetiva 100x.

A exigência de metionina em codornas japonesas de 1 a 7 dias foi semelhante ao valor estimado de 1 a 14 dias de idade (0,47% de Met total ou 0,43% de Met digestível) para ganho de peso e conversão alimentar, enquanto que para o consumo de ração o valor estimado foi de 0,46% de Met total ou 0,42% de Met digestível. Nesta fase, o nível estimado de Met total de 0,47% ou Met digestível de 0,43% melhorou a conversão alimentar em 17,80% quando comparado ao tratamento controle que continha 0,23% de L-metionina total ou 0,21% de Met digestível de origem vegetal. Houve piora de 1,43% na conversão alimentar com o aumento de 0,6% do valor estimado (0,47%) de metionina total suplementar na ração.

Tabela 5- Estimativas de exigência de metionina para codornas japonesas nas fases de 1 a 7 e de 1 a 14 dias, sobre as variáveis de ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e eficiência alimentar

Fase	Equação de regressão	P _{máx} ou P _{mín}	Exigência (%)	R ²
1 a 7 dias				
Ganho de peso (g)	$Y = 1,6547 + 119,4x - 125,89x^2$	30,09	0,47	0,98**
Consumo de ração (g)	$Y = 47,289 + 132,36x - 145,04x^2$	77,48	0,46	0,94**
Conversão alimentar	$Y = 4,608 - 8,6131x + 19,1174x^2$	2,572	0,47	0,97**
Eficiência Alimentar	$Y = 14,244 + 102,07x - 106,2x^2$	38,76	0,48	0,97**
1 a 14 dias				
Ganho de peso (g)	$Y = 10,732 + 147,9x - 156,05x^2$	45,74	0,47	0,96**
Conversão alimentar	$Y = 5,5356 - 9,6892x + 10,116x^2$	2,879	0,47	0,99**
Eficiência Alimentar	$Y = 12,706 + 75,826x - 78,324x^2$	41,05	0,48	0,98**

*(P≤0,05); **(P≤0,01)

No período de 1 a 14 dias, não houve efeito dos níveis de metionina sobre o consumo de ração (P>0,05), contudo o aumento dos níveis de metionina da ração influenciou (P<0,05) o ganho de peso e a conversão alimentar das codornas, que variaram de forma quadrática, com o aumento de até 0,47% no nível de metionina e a eficiência alimentar em até 0,48% (Tabela 5).

Houve efeito significativo (P<0,05) das fontes, níveis e interação níveis *versus* fontes sobre o rendimento de carcaça das codornas japonesas aos 14 dias e efeito dos níveis de metionina sobre o peso de penas (Tabela 6).

Tabela 6 -Rendimentos de carcaça, peito, sobrecoxa e coxa e peso de penas de codornas japonesas aos 14 dias de idade alimentadas com dietas suplementadas com níveis crescentes duas fontes de metionina

Níveis (%)	Rendimentos (%)									
	Carcaça		Peito		Sobrecoxa		Coxa		Penas	
	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA	DL-Met	MHA
Basal (0,23)	48,41		36,46		14,54		5,71		3,37	
0,29	52,77	52,94	35,36	34,86	13,25	14,55	5,67	5,56	4,81	3,37
0,35	55,33	52,18	35,56	34,22	14,62	14,09	5,50	5,32	5,91	5,21
0,41	55,27	52,90	34,66	36,26	14,57	14,53	5,88	5,33	6,41	5,56
0,47	55,83	52,81	37,06	36,09	15,94	14,25	5,52	5,46	6,34	4,87
0,53	52,88	50,38	36,89	36,54	14,52	14,18	5,71	5,36	5,35	5,38
Média	54,42	52,24	36,00	35,59	14,57	14,32	5,67	5,41	5,37	4,88
CV (%)	2,12		6,24		6,07		8,30		5,80	
Níveis	Q*		ns		ns		ns		Q*	
Fontes	ns		ns		ns		ns		Ns	
Níveis x Fontes	Q*		ns		ns		ns		Ns	

L= Efeito linear; Q= Efeito quadrático; ns = não significativo.

*(P≤0,05); **(P≤0,01)

CV= coeficiente de variação

Independentemente das fontes (Tabela 7), o nível estimado de metionina para rendimento de carcaça foi 0,40% e para peso de penas foi 0,42%. O que representa um aumento de 11,38% e 47,42%, no rendimento de carcaça, respectivamente, quando comparados aos rendimentos das codornas alimentadas com ração a basal, sem suplementação de metionina.

Tabela 7- Estimativas de exigência de metionina para rendimentos de carcaça e peso de penas de codornas japonesas aos 14 dias de idade

Modelo	Equação de regressão	P _{máx} ou P _{mín} ²	Exigência%	R ²
Carcaça				
Níveis x DL-Met	$Y = -221,05x^2 + 182,97x + 18,131$	55,99	0,41	0,97**
Níveis x MHA	$Y = -159,16x^2 + 125,81x + 28,455$	53,31	0,40	0,81**
Penas				
Níveis	$Y = -83,621x^2 + 70,699x - 8,5416$	6,401	0,42	0,99**

*(P<0,05); **(P<0,01)

De acordo com a derivação do modelo quadrático, a estimativa de exigência de metionina total em codornas japonesas para rendimento de carcaça da DL-Met e MHA foi de 0,41% e 0,40%, respectivamente (Tabela 7).

4. DISCUSSÃO

Da mesma forma que acontece com os frangos de corte a biodisponibilidade relativa da DL-MHA é menor comparada a da DL-Met, entretanto, os valores mais elevados de biodisponibilidade estimados com codornas em comparação com os normalmente estimados para frangos podem ser explicados pelo atendimento de 100% da exigência de cisteína (SILVA & COSTA, 2009) com a suplementação da dieta com L-Cistina (99%). Resultados semelhantes foram reportados com frangos por Lopes (2014) quando as dietas com níveis crescente de metionina da DL-Metionina e DL-MHA foram suplementadas com L-Cistina.

As respostas de desempenho demonstraram que não houve diferença entre as fontes de metionina para as codornas japonesas entre as fases de 1 a 14 dias de idade, no entanto, os valores de biodisponibilidade da MHA de 1 a 7 dias foram menores em relação à fase de 1 a 14 dias. Uma possível explicação para esse resultado baseia-se na relação idade da ave/tipo de absorção, pois durante os primeiros dias de vida o processo de absorção da metionina ocorre em maior escala por cinética de saturação, que envolve gasto de energia. Por outro lado, apenas um terço da metionina é absorvida por transporte facilitado e o transporte passivo (NOY et al., 1996).

A biodisponibilidade da MHA tende a ser inferior nesta fase devido a conformação estrutural, o que torna sua absorção mais lenta (DREW et al., 2003) e menos eficiente que a DL-Met (CHRISTOPHER et al., 2015), já que a absorção da DL-Metionina ocorre por transporte ativo, dependente de energia e também por intermédio de carreadores, enquanto que a absorção da MHA acontece por difusão, dependente de concentração (MAENZ E ENGELE-SHANN, 1996), chegando a permanecer cerca de 10 a 20% da MHA dietética no lúmen intestinal (ESTEVE-GARCIA et al., 1993; LINGENS & MOLNAR & 1.996). Além disso, parte da MHA ingerida é convertida no intestino delgado pela fermentação microbiana em compostos que não podem ser utilizados como fonte de metionina pela ave (LEMME et al., 2001), tornando assim o valor de absorção da MHA superestimado (ESTEVE-GARCIA et al, 1993).

Na fase de 1 a 14 dias, o valor médio de temperatura máxima (37,4°C) acima da zona de conforto térmico, 33°C (SOUSA et al, 2014), possivelmente elevou os valores de biodisponibilidade da MHA quando comparados aos da fase anterior. Isto está relacionado à dinâmica de absorção da MHA, pois o estresse térmico induz a redução do fluxo sanguíneo intestinal, resultando em hipóxia e isquemia, e consequente aumento da morte e destruição dos enterócitos (MORALES et al., 2016), o que facilita dessa forma a absorção por difusão da MHA-AL, sem gasto de energia, (DIBNER et al., 1992).

Além disso, o aumento da osmolaridade sanguínea causado pela alcalose respiratória em aves sob condições de estresse calórico, pode favorecer a absorção da MHA (DEYHUM E TEETER, 1991), pois o aumento do pH preserva o gradiente protonado dos microvilos intestinais, o que favorece a difusão da MHA para o lúmen intestinal (BRACHET E PUIGSERVER, 1987).

As altas temperaturas resultam também em estresse oxidativo, causando danos as macromoléculas, tais como lipídios, proteínas, carboidratos e DNA (RIBEIRO et al., 2001), com consequente maior carga metabólica sobre as aves. Por outro lado, estudos comprovam que o uso de MHA na alimentação de aves sob condições de estresse térmico resulta em aumento das taxas do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IFG-1) (WILLEMSSEN et al., 2011), resultando num mecanismo de defesa antioxidante não enzimático, nos fígados das aves (RIBEIRO et al., 2001). A suplementação de MHA previne parcialmente o efeito supressor do crescimento a exposição crônica a altas temperaturas quando comparado a suplementação com DL-Met (WILLEMENSE et al., 2011). Estas observações podem explicar a semelhança de desempenho das codornas japonesas alimentadas com DL-Met e MHA sob as condições térmicas do ambiente experimental.

A deficiência ou excesso de metionina na dieta induz maior proliferação celular, caracterizado por marcada quantidade de mitoses intestinais. O epitélio intestinal está em constante renovação. A proliferação e a diferenciação das células que participam deste processo ocorrem nas criptas (WILLE et al., 2004), posteriormente, essas células migram para as vilosidades, onde executam suas funções e, subsequentemente, são perdidas fisiologicamente por meio de apoptose (POTTEN & GRANT, 1998). No entanto, mudanças do ritmo circadiano, tipo de alimentação, atividade hormonal e/ou

efeitos de fatores de crescimento podem alterar o processo cinético de renovação do epitélio gastrointestinal, aumentando a apoptose e, conseqüentemente, o número de mitoses (WILLE et al., 2004).

Está estabelecido que a deficiência de metionina na dieta causa alterações generalizadas nos padrões de metilação do DNA, possivelmente mediado pela S-b, , adenosilmetionina, resultando em alterações na expressão gênica. Assim, está comprovado que a restrição de metionina induz apoptose (POGRIBNY et al., 2008).

No presente estudo, observou-se que as codornas alimentadas com rações deficientes em metionina, apesar de serem atendidas em 100% de cisteína, apresentaram menor tamanho de vilosidade e maior número de mitose no jejuno, o que indica perda das células epiteliais das vilosidades dessas aves. Isto porque, o estresse oxidativo intestinal ocorre principalmente na zona apical dos enterócitos e em menor proporção nas criptas. Este processo resulta na formação do radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) (BOTTJE & CARSTENS, 2009), que por sua vez tem a capacidade de oxidar o aminoácido cisteína (BARREIROS et al., 2006), um importante constituinte da glutathione (VIARO et al., 2001).

Através da enzima superóxido dismutase o radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) é convertido a peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio (O_2) (BARREIROS et al., 2006). Parte do H_2O_2 gerado é parcialmente eliminado por catalases, peroxidases ligadas à tioredoxina e glutathione peroxidase (HALLIWELL et al., 2000). A glutathione peroxidase utiliza a glutathione como co-substrato, com propriedade doadora de elétrons, convertendo assim o peróxido de hidrogênio a água (HUBER et al., 2008). Desta forma, no presente estudo apesar da cisteína dietética ter sido atendida em 100%, possivelmente houve redução da síntese de glutathione, em função dos baixos níveis de cisteína, processo resultante da ação oxidativa do radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$) e do baixo percentual de conversão da metionina em cisteína, na ração deficiente em metionina, podendo assim, ter interferido na ação da glutathione peroxidase e conseqüentemente o aumento dos índices de apoptose e da atividade mitótica.

As codornas submetidas a dieta basal, sem suplementação de metionina, apresentaram baixo rendimento de carcaça quando comparadas as médias das aves suplementadas ao nível estimado de DL-Met e MHA. Por outro lado, níveis elevados de metionina promoveram queda no rendimento de carcaça e peso de penas, isso porque,

níveis de metionina acima da exigência prejudica o desempenho da ave (EDMONDS & BAKER, 1987), já que, os aminoácidos excedentes do perfil da proteína ideal, atingem rapidamente a circulação portal, inibindo a síntese de proteína no fígado e desordenando o perfil dos aminoácidos livres no plasma, o que impede ainda mais a metionina já limitante na dieta basal em atingir os tecidos periféricos e músculos (MELLO, 1994). Neste caso, o aumento dos níveis de metionina dietética no presente estudo colaborou para o processo de desaminação e excreção de nitrogênio, o que pode ter contribuído para excreção do primeiro aminoácido limitante, incrementando assim as suas exigências (PARR e SUMMERS, 1991).

Tal resposta, em geral, segue a lei dos retornos decrescentes, ou seja, o desempenho animal melhora com o aumento dos níveis suplementares de metionina na ração até que o potencial máximo de crescimento do animal, sob condições de manejo a que, encontra-se submetido, seja totalmente expresso e que maior adição de metionina não promova qualquer resposta adicional sobre o desempenho (BRUGALLI, 2003).

A exigência de Met total de 0,47% ou digestível de 0,43% para as codornas de 1 a 7 dias é semelhante à exigência estimada para o período de 1 a 14 dias pelas variáveis ganho de peso e conversão alimentar. Este resultado corrobora as recomendações de 0,50 % de Met total e 0,46% de Met digestível de Silva & Costa (2009) e de 0,47% de Met total ou 0,42% de Met digestível recomendado por Rostagno et al. (2011). No entanto, as exigências de Met total pelo rendimento de carcaça (0,40%) e peso de penas (0,42%) são mais baixas que os níveis recomendados por Silva e Costa (2009) e Rostagno et al. (2011) e os valores estimados pelo desempenho de 0,47%. Comparando os valores de exigência de metionina pelo rendimento de carcaça estimados em cada fonte observa-se apenas uma diferença marginal entre o valor estimado com DL-Met de 0,41% e aquele estimado com a DL-MHA de 0,40%.

5. CONCLUSÕES

A bioeficácia da DL-MHA em relação a DL-Met para codornas japonesas é 78,6% de 1 a 7 dias e 85,55% de 1 a 14 dias de idade.

A exigência de metionina para codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade é 0,47% de Met total ou 0,43% de Met digestível.

6. REFERÊNCIAS

BAKER, D. H. et al. Sulfur amino acid requirement and cystine replacement value of broiler chicks during the period three to six weeks post-hatching. **Poultry Science**. v.75, n. 6, p. 737-746, 1996.

BARREIROS, André L. B. S.; DAVID, Jorge M.; DAVID, Juceni P.. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p.113-123, fev. 2006.

BOTTJE, W. G.; CARSTENS, G. E.. Association of mitochondrial function and feed efficiency in poultry and livestock species. **Journal Of Animal Science**, v. 87, n. 1409, p.48-63, 30 jan. 2009.

BLOCK, R.J.; JACKSON, R.W. The metabolism of cystine and methionine. **The Journal of Biological Chemistry**. v.97, p.cvi-cvii, 1932.

BRACHET, P.; PUIGSERVER, A.. Transport of Methionine Hydroxy Analog across the Brush Border Membrane of Rat Jejunum. **The Journal Of Nutrition**, Rockville, v. 117, p.1241-1246, 1 jul. 1987.

BRUGALLI, I. Eficácia relativa das fontes de metionina. **Revista Ave World**, ano, v. 1, p. 58-61, 2003.

CARVALHO, Débora Cristine de Oliveira et al. Biodisponibilidade de fontes de metionina para poedeiras leves na fase de produção mantidas em ambiente de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 12, p.2383-2388, dez. 2009.

CHRISTOPHER, P.D. ; CHOWDHURY, M. A. K.; BUREAU, D. P. Assessing the bioavailability of L-methionine and a methionine hydroxy analogue (MHA-Ca)

compared to DL-methionine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v. 48, n. 1, p.332-346, 18 set. 2015.

DEYHUM, F.; TEETER, R. G.. Research note: Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, v. 70, p.2551-2553, 22 abr. 1991.

DIBNER, J. J.; ATWELL, C. A.; IVEY, F. J.. Effect of Heat Stress on 2-Hydroxy-4-(Methylthio)Butanoic Acid and DL-Methionine Absorption Measured In Vitro. **Poultry Science**, v. 71, n. 11, p.1900-1910, 1 nov. 1992.

DREW, M. D.; VAN KESSEL, A. G.; MAENZ, D. D.. Effect of Heat Stress on Absorption of Methionine and 2-Hydroxy-4-Methylthiobutanoic Acid in Conventional and Germ-Free Chickens. 2-Hydroxy-4-(Methylthio)Butanoic Acid and DL-Methionine Absorption Measured In Vitro. **Poultry Science**, v. 82, p.1149-1153, 26 mar. 2003.

EDMONDS, M. S.; BAKER, B. H.. Comparative effects of individual amino acid excess, when added to a corn-soybean meal diet: effects on growth and dietary choice in the chick. **Journal Animal Science**, v. 65, p.699-705, out. 1987.

ESTEVE-GARCIA, e; AUSTIC, R. Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. **The Journal Of Nutritional Biochemistry**, v. 4, n. 10, p.576-587, out. 1993.

HAN, In K.; LEE, J. H.. The Role of Synthetic Amino Acids in Monogastric Animal Production - Review -. **Asian-australasian Journal Of Animal Sciences**, v. 13, n. 4, p.543-560, 1 abr. 2000.

HALLIWELL, Barry; CLEMENT, Marie Veronique; LONG, Lee Hua. Hydrogen peroxide in the human body. **Febs Letters**, v. 486, n. 1, p.10-13, 30 nov. 2000.

HOFFMAN, Robert M.. Altered methionine metabolism, DNA methylation and oncogene expression in carcinogenesis. **Biochimica Et Biophysica Acta (bba)** - Reviews On Cancer, v. 738, n. 1-2, p.49-87, 1984.

HUBER, Paula C.; ALMEIDA, Wanda P.; FÁTIMA, Ângelo de. Glutathione e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. **Química Nova**, v. 31, n. 5, p.1170-1179, 2008.

KAKIMOTO, T. et al. Indigestible Material Attenuated Changes in Apoptosis in the Fasted Rat Jejunal Mucosa. **Experimental Biology and Medicine**. v. 233. n.3. p.310-316. 2008.

KAVOI, B. M. et al. Effects of dietary Moringa oleifera leaf meal supplementation on chicken intestinal structure and growth performance. **Journal Of Morphological Sciences**, v. 33, n. 4, p.186-192, 2016.

KNIGHT, D. C.; DIBNER, J. J. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and L-methionine in the broiler chick. **Journal of Nutrition**, v.114, p.2179-2186, 1984.

LEMME, A. La efectividade biológica de la metionina hiroxi análoga es menor que la de DL-metionina-base fisiológica. **Amino News TM**, v. 2, n. 2, p. 7-10, 2001.

LINGENS, G.; MOLNAR, S.. Studies on metabolism of broilers by using ¹⁴C- labelled DL- methionine and DL- methionine hydroxy analogue Ca- salt. **Archiv Für Tierernaehrung**, v. 49, n. 2, p.113-124, fev. 1996.

LOPES, Gabriela Mafra Dantas. **Biodisponibilidade relativa e exigências de metionina para frangos de corte**. 2014. 123 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014.

MAENZ, D. D.; ENGELE-SCHAAN, C. M.. Methionine and 2-Hydroxy-4-Methylthiobutanoic Acid Are Partially Converted to Nonabsorbed Compounds during Passage through the Small Intestine and Heat Exposure Does Not Affect Small Intestinal Absorption of Methionine Sources in Broiler Chicks. **Journal Of Nutrition**, v. 126, n. 2, p.1438-1444, 1 maio 1996.

MELLO, J. P.F. Amino acids imbalance, antagonism and toxicities. **Amino acids in Farm Animal Nutrition**, p. 63 a 97. 1994.

MORALES, A. et al. Effect of heat stress on the endogenous intestinal loss of amino acids in growing pigs. **Journal Animal Science**. v. 94, p. 165-172, 2016.

NELSON, D. L.; MICHAEL, M. C.. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. São Paulo: Sarvier, 2002.

NOY, Y. SKLA, D. Uptake Capacity In Vitro for Glucose and Methionine and In Situ for Oleic Acid in the Proximal Small Intestine of Posthatch Chicks. **Poultry Science**, v. 75, p. 998-1002, Amersham, Amersham Place, UK. v. 75, p. :998-1002. 1996.

PARR, J. F.; SUMMERS, J. D.. The Effect of Minimizing Amino Acid Excesses in Broiler Diets. **Poultry Science**, v. 70, n. 7, p.1540-1549, 1 jul. 1991.

PAYNE, R.L.; LEMME, A.; SEKO, H. Bioavailability of methionine hydroxy analogfree acid relative to DL-methionine in broilers. **Animal Science Journal**, v.77, p.427-439, 2006.

POGRIBNY, I. P. et al. Epigenetic alterations in the brains of Fisher 344 rats induced by long-term administration of folate/methyl-deficient diet. **Brain Research**.v.1237, n.27, p. 25–34, 2008.

POTTEN, C. S.; GRANT, H. K. The relationship between ionizing radiation-induced apoptosis and stem cells in the small and large intestine. **British Journal of Cancer**. v. 78, n. 8, p. 993-1003, 1998.

RIBEIRO, A. M. L.; PENZ, A. M.; TEETER, R. G.. Effects of 2-Hydroxy-4-(methylthio)butanoic Acid and dl-Methionine on Broiler Performance and Compensatory Growth After Exposure to Two Different Environmental Temperatures. **The Journal Of Applied Poultry Research**, v. 10, n. 4, p.419-426, 1 dez. 2001.

ROGRIGUES, P.B, et al. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção e níveis de aminoácidos sulfurados totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.2, p. 249-260, 1996.

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

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2. ed. Jaboticabal, São Paulo: Funep, 110p. 2009.

SOUSA, Marilú Santos et al. Determinação de limites superiores da zona de conforto térmico para codornas de corte aclimatizadas no Brasil de 22 a 35 dias de idade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 2, p.350-360, jun. 2014.

VIARO, Renata Schneider; VIARO, Maurício S.; FLECK, Juliana. Importância Bioquímica do Selênio para o Organismo Humano. **Disciplinarum Scientia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p.17-21, 2001.

VISENTINI, Paulo et al. Níveis de substituição da DL-metionina pela metionina hidróxi análoga em base equimolar, em dietas para frangos de corte. **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p.1400-1405, dez. 2005.

WARNICK, RE; ANDERSON, JO Limitação de aminoácidos essenciais na farinha de soja para frangos em crescimento e os efeitos do calor sobre a disponibilidade dos aminoácidos essenciais. **Poultry Science** , v. 47, p.281-287, 1968.

WILLEMSSEN, H. et al. Effects of dietary supplementation of methionine and its hydroxy analog DL-2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid on growth performance, plasma hormone levels, and the redox status of broiler chickens exposed to high temperatures. **Poultry Science**, v. 90, n. 10, p.2311-2320, 20 set. 2011.

WILLE, A. C. M. et al. Cell cycle time and rate of entry of cells into mitosis in the small intestine of young rats. **Cell Proliferation**, v. 37, n. 2, p.189-194, abr. 2004.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DE AMINOÁCIDOS TOTAIS E DIGESTÍVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix* *japonica*)

Formulação de ração para aminoácidos totais e digestíveis para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*)

RESUMO

Objetivou-se com a realização do experimento avaliar o uso de aminoácidos totais (AAT) e digestíveis (AAD) na alimentação de codornas japonesas em fase de postura. Foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, com oito semanas de idade, durante 5 períodos experimentais de 21 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo duas dietas com base em aminoácidos (totais e digestíveis) em três concentrações cada (100, 95 e 90%), totalizando seis tratamentos, com seis repetições de cinco aves por unidade experimental. As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja, isoenergéticas (2800 kcal EM/kg) e isoprotéicas (20% de PB). Ao final de cada período experimental foram avaliados o consumo de ração (g/ave), dúzia de ovos por ave (%/ave), percentual de ovos/ave/dia (%), peso (g) e a massa de ovos (g/ave/dia) e a conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo e kg de ração/dúzia de ovo), unidade Haugh (UH), gravidade específica (g/cm³) e pigmentações da gema através do leque colorimétrico da Roche® e pelo cromatógrafo Minolta®. O consumo de ração aumentou com a redução das concentrações de AAT e reduziu com a redução das concentrações de AAD. Houve redução linear da produção de ovos, peso dos ovos e massa de ovos e piora da conversão alimentar por massa de ovo com reduções sobre as concentrações de aminoácidos na dieta. A coloração de gema melhorou linearmente com a redução das concentrações de aminoácidos na ração. A pigmentação de gema foi melhor para as aves que receberam rações com base em aminoácidos totais. A formulação para 100% de AAD é melhor para o desempenho produtivo das codornas japonesas na fase de postura.

Palavras-chave: exigência de aminoácidos, qualidade de ovos, produção

Feed formulation for total and digestible amino acids for Japanese quails

ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the use of total amino acids (AAT) and digestible (AAD) in the diet of Japanese laying quails. Eighteen Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) females, eight weeks old, were used during 5 experimental periods of 21 days. The experimental design was completely randomized, with two diets based on amino acids (total and digestible) at three concentrations each (100, 95 and 90%), totaling six treatments, with six replicates of five birds per experimental unit. The experimental rations were formulated with corn and soybean meal, isoenergetic (2800 kcal ME / kg) and isoprotein (20% PB). At the end of each experimental period, feed intake (g / bird), dozen eggs per bird (% / bird), percentage of eggs / bird / day (%), weight (g) and egg mass Kg / kg of feed / dozen egg), Haugh unit (UH), specific gravity (g / cm³) and yolk pigmentation through the colorimetric range of Roche® and the Minolta® chromatograph. Feed consumption increased with the reduction of AAT concentrations and decreased with the reduction of AAD concentrations. There was a linear reduction in egg production, egg weight and egg mass, and worsening of feed conversion by egg mass with reductions in the concentration of amino acids in the diet. Yolk staining improved linearly with the reduction of amino acid concentrations in the feed. Yolk pigmentation was better for birds fed total amino acid based feeds. The formulation for 100% AAD is better for the productive performance of Japanese quails in the laying phase.

Keywords: eggs, production, quality

1. INTRODUÇÃO

As dietas práticas para codornas japonesas são formuladas principalmente a base de milho e farelo de soja, no entanto, as misturas desses alimentos não atendem completamente as exigências dos aminoácidos essenciais e o desempenho tende a melhorar à medida que os aminoácidos são suplementados considerando a ordem do mais para o menos limitante. A indústria avícola precisa de alternativas econômicas mais eficientes para reduzir os custos e manter os lucros com a atividade, e o uso de matrizes nutricionais mais baratas e de suplementos proteicos alternativos de baixo coeficiente de digestibilidade (LEMME et al., 2004), estimulou o uso dos aminoácidos industriais como fontes suplementar em dietas com baixa qualidade da proteína.

A formulação de rações com base em aminoácidos digestíveis é, ainda, um conceito novo na nutrição de codornas (SILVA et al., 2012). Até o século XX, as formulações de rações para aves eram baseadas nos aminoácidos totais dos ingredientes que, diferente dos aminoácidos sintéticos, não são totalmente absorvidos pelo trato gastrointestinal das aves (TAHIR et al., 2012).

As dietas formuladas com base em aminoácidos totais devem conter grandes margens de segurança, o que explica as diferenças no conteúdo de aminoácidos digestíveis de diferentes ingredientes para a alimentação animal, especialmente quando são ingredientes ou subprodutos industriais de baixa qualidade. Em função disso, a maneira mais eficaz de formular rações para aves é, portanto, usando os valores de aminoácidos digestíveis, em vez de totais.

A digestibilidade é um aspecto fundamental para a qualidade de proteína dietética (BOISEN et al., 1996). Aves alimentadas com aminoácidos digestíveis apresentam melhor desempenho, devido à maximização da utilização destes aminoácidos para a síntese de proteínas e não para fornecimento de energia (DARI et al., 2005). Além disso, o uso de aminoácidos digestíveis reduz a proteína da ração, que consequentemente reduz a excreção de nitrogênio e a poluição do ambiente, o custo da ração e os requerimentos em aminoácidos limitantes (KIM et al., 2010).

Embora as vantagens do sistema de aminoácidos digestíveis serem reconhecidas, ainda é frequente a formulação de rações com base em aminoácidos totais (BRYDEN et al., 2003). Contudo, poucas informações são encontradas na literatura sobre o uso de aminoácidos digestíveis na alimentação de codornas japonesas em fase de postura.

Objetivou-se com a realização desse trabalho avaliar a formulação de rações com base em aminoácidos totais em comparação a formulação com base em aminoácidos digestíveis na alimentação de codornas japonesas durante a fase de postura.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Avicultura do Departamento de Ciências Animal do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias - CCHSA/UFPB, no município de Bananeiras-PB e aprovado pelo Comitê de ética sob o número 008/2017.

2.1. Animais, delineamento experimental e instalações

Foram utilizadas 180 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), fêmeas, aos 56 dias de idade, com taxa de produção de ovos inicial de $76,9\% \pm 3,8\%$, durante 5 períodos experimentais de 21 dias. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial 2x3 (duas dietas com base em aminoácidos totais e digestíveis x 3 concentrações de aminoácidos – 100, 95 e 90% - de acordo com as exigências das codornas em aminoácidos), totalizando seis tratamentos, com seis repetições de cinco aves por unidade experimental.

As aves foram alojadas em três baterias de gaiolas de arame galvanizado (33 x 33 x 16 cm), equipadas com comedouro tipo calha e bebedouro automático tipo “nipple”, com água e ração *ad libitum* sobre o programa de luz (natural + artificial) adotado com duração de 17 horas diárias.

2.2. Rações experimentais

Foram formuladas rações isoenergéticas (2800 kcal EM/kg) e isoprotéicas (20% de PB) a base de milho e farelo de soja (Tabelas 1 e 2), satisfazendo as recomendações nutricionais de Silva e Costa (2009) para codornas japonesas, cuja composição química e valores nutricionais dos ingredientes utilizados na formulação das rações foram determinados segundo Rostagno et al. (2011).

Tabela 1- Composição de ingredientes das rações experimentais formuladas a base de milho e farelo de soja com três proporções de aminoácidos essenciais totais e digestíveis para codornas japonesas na fase de postura

Ingredientes (%)	Aminoácido total			Aminoácido Digestível		
	100	95	90	100	95	90
Milho	54,157	54,157	54,157	60,020	60,020	60,020
Farelo de Soja	26,026	26,026	26,026	17,307	17,307	17,307
Calcário	7,213	7,213	7,213	7,209	7,209	7,209
Ácido Glutâmico	4,041	4,704	5,330	7,661	8,493	9,250
Óleo de soja	2,063	2,067	2,061	0,039	0,020	0,000
Fosfato bicálcico.	1,028	1,028	1,028	1,113	1,130	1,113
Sal comum	0,539	0,539	0,539	0,540	0,540	0,540
L-Lisina HCl	0,380	0,316	0,253	0,598	0,534	0,471
L-Arginina	0,283	0,223	0,182	0,512	0,462	0,411
DL Metionina	0,277	0,170	0,170	0,335	0,284	0,233
L-Isoleucina	0,265	0,214	0,164	0,398	0,347	0,297
L-Valina	0,206	0,156	0,105	0,395	0,344	0,294
L-Fenilalanina	0,177	0,126	0,076	0,431	0,380	0,330
L-Treonina	0,159	0,107	0,055	0,244	0,193	0,141
L-Leucina	0,101	0,050	0,000	0,341	0,291	0,240
L-Histidina	0,013	0,000	0,000	0,101	0,051	0,000
L-Triptofano	0,004	0,000	0,000	0,050	0,000	0,000
Premix Vitamínico ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de Colina	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Premix Mineral ²	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Bacitracina de zinco	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
BHT ³	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Coxistac	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Inerte ⁴	2,763	2,599	2,336	2,401	2,090	1,839
TOTAL	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição energética e de minerais						
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Cálcio	3,049	3,049	3,049	3,050	3,050	3,050
Fósforo Disponível (%)	0,294	0,279	0,279	0,280	0,280	0,280
Sódio	0,230	0,230	0,230	0,229	0,229	0,229
Potássio	0,635	0,635	0,635	0,492	0,492	0,492
Cloro	0,430	0,418	0,405	0,476	0,464	0,451

¹Níveis de garantia por kg do produto: vitamina A 36.000.000 UI, vitamina D3 7.400.000 UI, vitamina E 64.000 ui, vitamina K3 8.000 mg, vitamina B12 48.000 mg, vitamina B1 6.400 mg, vitamina B2 20.000 mg, vitamina B6 9.600 mg, ácido fólico) 2.800 mg, ácido pantotênico 44.000 mg, ácido nicotínico 120.000 mg, biotina 200 mg.

²Composição básica do produto: sulfato de ferro, sulfato de cobre, óxido de zinco, monóxido de manganês, selenito de sódio, iodeto de cálcio, veículo q.s.p. níveis de garantia por kg do produto: manganês 140.000 mg, zinco 120.000 mg, ferro 100.000 mg, cobre 18.000 mg, iodo 2000 mg, selênio 600 mg.

³BHT = beta hidroxí tolueno.

⁴Areia lavada

Tabela 2- Composição proteica e aminoacídica das dietas experimentais formuladas em diferentes concentrações na base de aminoácidos totais e digestíveis

Composição calculada (%)	AAT			AAD		
	100	95	90	100	95	90
Proteína Bruta (%)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Lisina Digestível (%)	1,000	0,950	0,900	0,955	0,907	0,860
Lisina Total (%)	1,150	1,093	1,035	1,092	1,037	0,983
Met. + Cist. Digestível (%)	0,702	0,667	0,632	0,675	0,641	0,608
Met. + Cist. Total (%)	0,781	0,742	0,703	0,751	0,713	0,676
Metionina Digestível (%)	0,467	0,444	0,420	0,485	0,461	0,437
Metionina Total (%)	0,512	0,486	0,461	0,532	0,505	0,479
Treonina Digestível (%)	0,670	0,637	0,603	0,624	0,593	0,562
Treonina Total (%)	0,790	0,751	0,711	0,736	0,699	0,662
Valina Digestível (%)	0,869	0,826	0,782	0,824	0,783	0,742
Valina Total (%)	0,980	0,931	0,882	0,93	0,884	0,837
Isoleucina Digestível (%)	0,869	0,826	0,782	0,835	0,793	0,752
Isoleucina Total (%)	0,960	0,912	0,864	0,923	0,877	0,831
Arg. Total (%)	1,258	1,195	1,132	1,218	1,157	1,096
Fenilalanina Digestível (%)	1,350	1,283	1,215	1,307	1,242	1,176
Fenilalanina. Total (%)	0,766	0,728	0,689	0,975	0,926	0,878
Histidina Digestível (%)	0,830	0,789	0,747	1,057	1,004	0,951
Histidina Total (%)	0,422	0,401	0,380	0,418	0,397	0,376
Leucina Digestível (%)	0,450	0,428	0,405	0,446	0,424	0,401
Leucina Total (%)	1,438	1,366	1,294	1,425	1,354	1,283
Triptofano Digestível (%)	1,520	1,444	1,368	1,507	1,432	1,356
Triptofano Total (%)	0,181	0,172	0,163	0,181	0,172	0,163

2.3. Variáveis avaliadas

O desempenho das aves foi avaliado por meio do consumo de ração (g/ave), produção por dúzia de ovos por ave (%/ave), percentual de ovos/ave/dia (%), peso (g) e massa de ovos (g/ave/dia) e a conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo e kg de ração/dúzia de ovo) em cinco períodos de 21 dias.

As características referentes à qualidade interna e externa dos ovos foram avaliados durante os últimos três dias de cada período. Um total de três ovos foi coletado aleatoriamente por parcela experimental, a fim de determinar a unidade Haugh e a gravidade específica (g/cm³).

Também, foram avaliadas, as pigmentações da gema através do leque colorimétrico da Roche® e pelo cromatógrafo Minolta®, pelo qual foram obtidas médias de três medições da gema, e optou-se pelo escore “b+”, em virtude de representar um espectro luminoso que vai da cor verde ao amarelo.

A gravidade específica dos ovos (g/cm^3) foi determinada utilizando todos os ovos de cada parcela experimental nos dias da avaliação. Utilizou-se soluções de NaCl com uma densidade que variou entre 1,0625 e 1,100 g/cm^3 , de acordo com a metodologia descrita por Moreng&Avens (1990).

2.4. Análises Estatísticas

Os dados de desempenho e qualidade dos ovos foram submetidas à análise de variância usando o teste F ($P \leq 0,05$) e as médias comparados pelo teste Student Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso de AAT e AAD em concentrações de 100 a 90% nas rações influenciaram significativamente o consumo de ração, produção de ovos, percentual de ovos/ave/dia, massa de ovo, conversão alimentar por dúzia de ovo se conversão alimentar por massa de ovo (Tabela 2).

Tabela 3- Desempenho das codornas japonesas alimentadas com rações baseadas em aminoácidos totais e digestíveis em diferentes concentrações

Concentrações (%)	Consumo de Ração (g/ave)		Produção de ovos (% ovos/ ave/dia)		Peso do ovo (g)	
	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD
100	24,599	27,314	77,212	83,819	10,886	11,389
95	27,371	25,902	80,159	76,682	11,166	10,963
90	27,903	23,754	77,050	74,095	10,731	10,277
Média	26,624	25,657	78,686	78,199	10,928	10,876
CV (%)	4,552		4,003		2,259	
Concentrações (N)	ns		*		*	
Dietas (D)	ns		ns		ns	
N x D	*		ns		ns	
Concentrações (%)	Massa de ovos (g/ave/dia)		Conversão alimentar por massa de ovo (kg/kg)		Conversão Alimentar por dúzia de ovos (kg/dúzia)	
	AAT	AAD	AAT	AAD	AAT	AAD
100	8,401	9,544	2,930	2,863	0,367	0,405
95	8,942	8,407	3,067	3,080	0,419	0,418
90	8,270	7,616	3,381	3,124	0,463	0,385
Média	8,538	8,522	3,126	3,022	0,416	0,403
CV (%)	3,938		6,099		11,125	
Concentrações (N)	*		*		Ns	
Dietas (D)	ns		ns		Ns	
N x D	ns		ns		ns	

Média seguida de letra minúscula na linha, diferem pelo teste de SNK (P<0,05)

CV= coeficiente de variação

Não houve efeito das concentrações e das dietas sobre o consumo de ração das codornas japonesas durante o período experimental (P>0,05). No entanto, a interação entre estes fatores (P<0,05) influenciou apenas o consumo de ração. O desdobramento da interação entre concentrações e fontes revelou que o consumo de ração aumentou com a redução das concentrações de AAT e reduziu com a redução das concentrações de AAD (P<0,05). Tais alterações sobre o consumo alimentar podem ser atribuídas ao desequilíbrio de aminoácidos que causa reações variadas por parte das aves. Desta forma,

quando as aves estão sob condições de desbalanço aminoacídico, apresentam queda dos níveis de aminoácidos limitantes no plasma sanguíneo. Essa alteração é detectada pelo córtex prepiriformis anterior do cérebro, o que ocasiona efeitos comportamentais, especialmente uma diminuição no consumo de ração (GIETZEN, 1993). Isto explica a redução do consumo de ração associada à redução das concentrações de AAD observada no presente estudo.

Já para as aves que receberam ração com baixas concentrações de AAT o aumento do consumo de ração pode ter sido em função da deficiência em aminoácidos essenciais, o que comprova o fato que, o consumo de ração pelas aves não é dependente apenas dos teores de glicose sanguínea, mas também é influenciado pelas concentrações de aminoácidos essenciais da ração (RODRIGUEIRO et al., 2000).

As concentrações de aminoácidos estudados influenciaram a produção de ovos, o peso dos ovos, a massa de ovos e a conversão alimentar por massa de ovos ($P \leq 0,05$), mas não influenciaram ($P > 0,05$) o consumo de ração e a conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos (Tabela 2). Houve redução linear da produção de ovos, peso dos ovos e massa de ovos, assim como, piora sobre a conversão alimentar por massa de ovo ($P \leq 0,05$) à medida que as concentrações de aminoácidos na dieta foram reduzidas (Tabela 3). Isso indica que baixas concentrações de aminoácidos interferem não só a produção, mas também o peso e a massa dos ovos, já que o desequilíbrio na relação entre alguns aminoácidos como lisina e arginina e entre os aminoácidos de cadeia ramificada (Leucina, Isoleucina e Valina), prejudica a absorção dos demais aminoácidos por competirem pelos mesmos sistemas de absorção no epitélio intestinal, reduzindo assim os índices produtivos (SABINO, 2004).

Tabela 4- Equações de regressão obtida para produção de ovos, peso do ovo, massa de ovos e conversão alimentar por massa de ovo de codornas japonesas, em função das concentrações de aminoácidos na dieta

Parâmetros	Equação de regressão	R ²
Consumo de ração		
Concentrações x AAT	$y = 13939x - 18560$	0,75
Concentrações x AAD	$y = -1,78x + 29,217$	0,98
Produção de ovos (% ovos/ ave/dia)	$y = -2,4715x + 83,113$	0,99
Peso do ovo (g)	$y = -0,3168x + 11,536$	0,83
Massa de ovos (g/ave/dia)	$y = -0,964x + 10,45$	0,98
Conversão alimentar por massa de ovo (kg/kg)	$y = 0,1305x + 2,7613$	0,87

Não houve efeito dos concentrações de aminoácidos, das dietas ou interação entre concentrações e dietas, sobre os parâmetros de qualidade internos e externos de ovos, com exceção apenas para a pigmentação da gema avaliada pelo leque colorimétrico. Na qual, observou-se melhora linear sobre a coloração da gema com a redução das concentrações de aminoácidos na ração, de acordo a seguinte equação: $y = 0,292x + 3,4367$ ($R^2 = 0,79$).

As aves que receberam dietas com base em aminoácidos totais apresentaram melhor pigmentação de gema ($P \leq 0,05$) quando comparadas aquelas com base em aminoácidos digestíveis (Tabela 4). Isto se deve ao percentual de óleo de soja presente nas rações formuladas com base em aminoácidos totais, que foi maior quando comparado as rações com base em aminoácidos digestíveis (Tabela 1).

Tabela 5- Qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com rações baseadas em aminoácidos totais e digestíveis em diferentes concentrações

Concentrações (%)	Cromatógrafo b*		Leque	
	AAT	AAD	AAT	AAD
100	51,580	48,002	4,333	3,297
95	50,759	53,670	4,157	3,539
90	52,062	51,780	4,428	4,370
Média	51,467	51,150	4,306	3,735
CV (%)	2,469		13,314	
Concentrações (N)	ns		*	
Dietas (D)	ns		*	
N x D	ns		Ns	
Concentrações (%)	Gravidade Específica		Unidade Haugh	
	AAT	AAD	AAT	AAD
100	1,070	1,073	75,174	77,404
95	1,067	1,065	77,451	78,427
90	1,093	1,074	77,451	78,388
Média	1,076	1,070	76,692	78,073
CV (%)	1,910		2,997	
Concentrações (N)	ns		Ns	
Dietas (D)	ns		Ns	
N x D	ns		Ns	

Média seguida de letras minúsculas na linha, diferem pelo teste de SNK (P<0,05)

CV= coeficiente de variação

Está comprovado que a adição de óleo e gorduras nas rações pode melhorar a absorção e biodisponibilidade de carotenoides presentes na dieta (Rocha et al., 2008) e consequentemente a pigmentação da gema, já que, os carotenoides na nutrição de aves são considerados os principais grupos de compostos responsáveis pela coloração da gema do ovo (Carvalho et al., 2006), como observado no grupo alimentado com maior percentual de óleo no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

A formulação para 100% de AAD é melhor para o desempenho produtivo das codornas japonesas na fase de postura.

5. REFERÊNCIAS

BOISEN, Sigurd; MOUGHAN, Paul J.. Different Expressions of Dietary Protein and Amino Acid Digestibility in Pig Feeds and Their Application in Protein Evaluation: A Theoretical Approach. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A - Animal Science**, v. 46, n. 3, p.165-172, ago. 1996.

BRYDEN, W. L.; LI, X. Prediction of amino acid digestibility of complete broiler diets: A Theoretical Approach. **Australian Poultry Science Symposium**, v. 15, p.67. 2003.

CARVALHO, Paulo Reis de et al. Influência da adição de fontes marinhas de carotenóides à dieta de galinhas poedeiras na pigmentação da gema do ovo. **Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science**, v. 43, n. 5, p.654-663, 1 out. 2006.

DARI, R. L. et al. Use of Digestible Amino Acids and the Concept of Ideal Protein in Feed Formulation for Broilers. **The Journal Of Applied Poultry Research**, v. 14, n. 2, p.195-203, 1 jun. 2005.

FIGUEIREDO, G.o et al. Performance and egg quality of laying hens fed with dietary levels of digestible lysine and threonine. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p.743-750, jun. 2012.

GIETZEN, D. W. Neural mechanisms in the response to amino acid deficiency. *The Journal Nutrition*. v. 123. p. 610-625, Apr. 1993. KIM, Jin Wook et al. The Endocrine Regulation of Chicken Growth. **Asian-australasian Journal Of Animal Sciences**, v. 23, n. 12, p.1668-1676, 25 out. 2010.

LEMME, A. et al. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 60, n. 04, p.423-438, dez. 2004.

MORENG, R.E.; AVENS, J.S. **Ciência e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990.

TAHIR, M. et al. Comparison of ingredient usage and formula costs in poultry feeds using different amino acid digestibility databases. **The Journal Of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 3, p.693-705, 1 set. 2012.

SABINO, H. F. N., et al. Níveis proteicos na ração de frangos de corte na fase de crescimento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.5, p.407-412, Maio 2004.

SILVA, José Humberto Vilar da et al. Exigências nutricionais de codornas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p.775-790, jul. /set., 2012.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P.. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2. ed. Jaboticabal, São Paulo: Funep, p. 110. 2009.

ROCHA, Vitória Régia Ramos de Albuquerque et al. Substituição total do milho por sorgo e óleo de abatedouro avícola em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 1, p.95-102, jan. 2008. FapUNIFESP (SciELO).

RODRIGUEIRO, Ramalho José Barbosa et al. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p.507-517, abr. 2000.

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

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo, foi possível determinar que o análogo de metionina na forma líquida (MHA-AL) pode substituir a DL-Metionina na ração de codornas japonesas até os 14 dias de idade sem afetar seu desempenho, o que torna viável a sua utilização na formulação de rações.

Com base no modelo de regressão linear múltipla seguindo o método da relação dos coeficientes de regressão "slope ratio", foi possível determinar a biodisponibilidade da MHA tanto para a fase de 1 a 7 quanto para a fase de 1 a 14, tornando-se um ponto de partida para outras pesquisas com codornas, já que, a maioria dos trabalhos que avaliam a biodisponibilidade dos análogos de metionina foram realizados com frangos e poedeiras. No presente estudo, observou-se que os valores de biodisponibilidade da MHA para codornas japonesas, são mais elevados que os obtidos para poedeiras e frangos de corte.

Além disso, foi possível determinar que a utilização de aminoácidos digestíveis a um nível de 100%, possibilita a otimização do desempenho produtivo das codornas japonesas, no entanto, a qualidade interna e externa dos ovos de codornas, estimada pela unidade Haugh e gravidade específica, respectivamente, não são afetadas pelo uso de aminoácidos totais ou digestíveis. O que demonstra, que o desempenho produtivo das codornas pode ser otimizado com base no atendimento das exigências a partir de aminoácidos digestíveis, possibilitando assim a redução de custo e excreção do nitrogênio no ambiente.