



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE SINOP
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas
japonesas em produção**

Aldemar Marques de Jesus

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Sinop, Mato Grosso

Junho de 2018

ALDEMAR MARQUES DE JESUS

**Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas
japonesas em produção**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Silva Ton

Coorientador: Prof. Dr. Anderson Corassa

Sinop, Mato Grosso

Junho de 2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M357n MARQUES DE JESUS, ALDEMAR.

Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas em produção / ALDEMAR MARQUES DE JESUS. -- 2018

xii, 66 f. ; 30 cm.

Orientadora: ANA PAULA SILVA TON.

Co-orientador: ANDERSON CORASSA.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Sinop, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Coturnicultura. 2. Coturnix coturnix japonica. 3. exigências nutricionais. 4. qualidade de ovo. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
Avenida Alexandre Ferronato, 1200 - Reserva 35 - Distrito Industrial - Cep: -Sinop/MT
Tel : - Email : ppgzootecnia@ufmt.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO : "Níveis de Energia Metabolizável e Lisina Digestível para Codornas Japonesas em produção"

AUTOR : Mestrando ALDEMAR MARQUES DE JESUS

Dissertação defendida e aprovada em 15/06/2018.

Composição da Banca Examinadora:

Presidente Banca / Orientador Doutor(a) Ana Paula Silva Ton
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Coorientador Doutor(a) Anderson Corassa
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Interno Doutor(a) Maicon Sbardella
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Examinador Externo Doutor(a) ELIS REGINA DE MORAES GARCIA
Instituição : Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - Campus de Aquidauana

Examinador Suplente Doutor(a) Adriana Garcia do Amaral
Instituição : UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

SINOP,15/06/2018.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus.

Aos meus pais: Ana da Solidade Marques de Souza Jesus e Luiz Humberto de Jesus;

Às minhas irmãs: Luísa Kelly Marques de Jesus e Lianne Cleyce Marques de Jesus;

Às minhas sobrinhas: Ana Luísa Marques da Silva e Kelly Emanuely Marques da Silva;

Aos meus grandes amigos: Vinicius Camargo, Michael Bogo e Dangi Tamashiro;

À minha orientadora Dr^a. Ana Paula Silva Ton;

Aos colaboradores do projeto de pesquisa, professores, demais amigos e familiares!

À minha avó paterna Maria Elvira de Jesus (*In memoriam*);

Ao meu querido Tio João Batista Marques de Souza (*In memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de alcançar mais este título em minha carreira profissional.

À Universidade Federal de Mato Grosso/Campus Sinop, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A minha orientadora Dr^a. Ana Paula Silva Ton, pela sua brilhante atuação enquanto professora, orientadora e profissional, pela confiança em mim depositada e por todas as oportunidades que me deu durante todo este tempo, busquei a cada momento me espelhar em você para que um dia possa me orgulhar em dizer que meu “perfil profissional” é semelhante ao seu. Admiro-lhe muito mais que possa imaginar e me orgulho em dizer que tive a melhor orientadora, parte decisiva para minha continuidade na área acadêmica, a você, minha eterna e imensurável gratidão!

Ao professor Dr. Anderson Corassa, por se dispor a me coorientar, repassando de maneira brilhante seus relevantes conhecimentos e visão crítica, contribuindo de maneira fundamental para a qualidade final deste trabalho.

Ao professor Dr. Maicon Sbardella, por prontamente se dispor a contribuir com vosso valioso conhecimento, de forma a agregar qualidade e fundamentação científica nesta obra, muito obrigado!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo fomento na realização da presente pesquisa, financiada sob o processo n. 447815/2014-8.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro para a realização desta pesquisa.

Aos meus amados pais, Ana da Solidade e Luiz Humberto, minhas irmãs, Luisa Kelly e Lianne Cleyce, por sempre me apoiarem nas minhas decisões possibilitando viver meus sonhos e lutando junto comigo para alcança-los!

Às minhas sobrinhas, Ana Luísa e Kelly Emanuely por darem um novo sentido às nossas vidas e por ser sempre essa fonte de alegria e satisfação para todos nós!

Aos meus grandes amigos Michael Bogo de Almeida, Dangi Martins Tamashiro, Vinicius Camargo dos Santos, Patrícia Stachelski, Flávio Luiz Kerber, Gabriele Shröder dos Santos, Maria Eduarda Abucarma, Organna Meira, Alessandro Pandolfo, Gabriel Rodrigues, Fabiana Carlos, Rafael Cicheleiro, Jonas Amaral, Guilherme Joanela e tantos outros, por

permitirem tonar essa etapa da minha vida sinônimo de aprendizado e respeito muito, a vocês meu eterno obrigado!

Em especial a minha colega de mestrado, Ivete Ricken pela importante e indispensável contribuição durante os períodos de experimento, com toda certeza, o mérito deste trabalho também se deve ao seu compromisso e disposição, muito obrigado!

Aos professores de graduação e pós-graduação que trabalharam incansavelmente para possibilitar que todo conhecimento fosse transmitido da melhor maneira possível, obrigado pelo empenho!

A todos os colaboradores do grupo de pesquisa, pelo empenho e dedicação durante todo o período experimental, muito obrigado por contribuírem para que este trabalho fosse concluído com êxito!

Às empresas Caramuru Alimentos e Nutract Nutrição Animal pela doação de matérias-primas das rações experimentais.

À aqueles que por eventual circunstancia não tenha sido citados, mas que contribuíram de maneira direta ou indireta para este trabalho, meu muito obrigado!

EPÍGRAFE

“A força não vem da vitória. Seus esforços desenvolvem suas forças.
Quando você enfrenta dificuldades e decide não se entregar... Isso é força!”

Arnold Schwarzenegger

BIOGRAFIA

Aldemar Marques de Jesus, nascido em 03 de outubro de 1992, em União de Minas, Estado de Minas Gerais, filho de Ana da Solidade Marques de Souza Jesus e Luiz Humberto de Jesus. Graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Mato Grosso, no ano de 2015. Neste mesmo ano, iniciou a condução do projeto de pesquisa intitulado “planos nutricionais para codornas de postura”. Em fevereiro de 2016, ingressou no programa de Pós-Graduação em Zootecnia também pela Universidade Federal de Mato Grosso/Campus de Sinop, na área de concentração em Produção e Alimentação de Monogástricos, sob orientação da professora Dra. Ana Paula Silva Ton. Em abril de 2018, qualificou seu projeto de pesquisa intitulado “Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas de japonesas em produção”.

RESUMO

Marques de Jesus, Aldemar. Dissertação de Mestrado (Zootecnia), Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop, junho de 2018, 68 f. Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas em produção. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Paula Silva Ton, Coorientador: Prof. Dr. Anderson Corassa.

Com a expressiva expansão da coturnicultura nos últimos anos, diversos estudos vêm sendo realizados para estimar exigências nutricionais de codornas de corte e de postura, a fim de possibilitar maior eficiência produtiva. Neste contexto, a energia metabolizável (EM) e a lisina digestível (LD) merecem destaque, dado a sua capacidade de regular o consumo de ração e a produção de ovos. Assim, objetivou-se com o presente estudo estimar os níveis de EM e LD para codornas japonesas em fase de produção. O Capítulo 1 engloba uma revisão de literatura sobre os aspectos gerais da coturnicultura no Brasil e no mundo, bem como estudos sobre as exigências nutricionais de codornas japonesas com ênfase na EM e LD. O Capítulo 2, em forma de artigo científico, abrange um experimento conduzido para estudar os efeitos de níveis de EM e LD na dieta sobre o desempenho zootécnico, qualidade físico-química de ovos e resultado econômico da produção de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) criadas em ambiente termoneutro. Foram utilizadas 540 codornas japonesas com 172 dias de idade e peso corporal de $152 \text{ g} \pm 0,90$, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos, em esquema fatorial 3×4 (níveis de EM: 2.600, 2.875 e 3.150 Kcal de EM/Kg de dieta e níveis de LD: 0,90, 1,05, 1,20, 1,35%), com cinco repetições e nove aves por unidade experimental, com período experimental de quatro ciclos de 28 dias. Conclui-se que dietas contendo 3.150 Kcal de EM/Kg combinadas 1,07% de LD possibilitam melhor conversão alimentar por massa de ovos produzidos e dietas com 2.875 Kcal de EM/Kg suplementadas com 1,08% de LD promovem melhor conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos e conversão alimentar por consumo de energia metabolizável.

Palavras-chave: Coturnicultura, *Coturnix coturnix japonica*, exigência nutricionais, qualidade de ovo.

ABSTRACT

Marques de Jesus, Aldemar. Master's Dissertation (Zootecnia), Federal University of Mato Grosso, Sinop University Campus, June 2018, 48 f. Levels of metabolizable energy and digestible lysine for Japanese laying quails. Advisor: Prof^ª. Dr^ª. Ana Paula Silva Ton, Coorientator: Prof. Dr. Anderson Corassa.

With the expressive expansion of coturniculture in recent years, several studies have been carried out to estimate nutritional requirements of cutting and laying quails in order to allow greater productive efficiency. In this context, metabolizable energy (ME) and digestible lysine (DL) deserve to be highlighted, given its ability to regulate feed intake and egg production. Thus, the objective of this study was to estimate the levels of ME and LD for Japanese quails in the production phase. Chapter 1 includes a review of the literature on the general aspects of coturniculture in Brazil and worldwide, as well as studies on the nutritional requirements of Japanese quails with emphasis on DL and ME. Chapter 2, in the form of a scientific article, covers an experiment conducted to study the effects of ME and DL levels on zootechnical performance, physicochemical quality and economic results of production in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) created in thermoneutral environment. A total of 540 172-day-old Japanese quails and body weight of $152 \text{ g} \pm 0.090$ were used in a completely randomized design with 12 treatments in a 3×4 factorial scheme (ME levels: 2,600, 2,875 and 3,150 Kcal ME / kg of diet and DL levels: 0.90, 1.05, 1.20, 1.35%), with five replicates and nine birds per experimental unit, with an experimental period of four cycles of 28 days. It was concluded that diets containing 3,150 kcal of DM / kg combined 1.07% of LD allow better feed conversion per mass of eggs produced and diets with 2,875 Kcal of ME / kg supplemented with 1.08% of LD promote better feed conversion by dozen eggs produced and feed conversion by metabolizable energy consumption.

Key-words: Coturniculture, *Cotunirx coturnix japonica*, egg quality, nutritional requeriment.

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS: REVISÃO	1
INTRODUÇÃO GERAL	2
RESUMO	3
ABSTRACT	4
RESUMEN	5
1. A coturnicultura no cenário avícola	8
2. Ambiência para codornas de postura	9
3. Nutrição de codornas.....	12
3.1 Energia metabolizável.....	15
3.2 Lisina digestível	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS EM PRODUÇÃO.....	40
RESUMO:	41
ABSTRACT:	42
1. INTRODUÇÃO	43
2. MATERIAIS E MÉTODOS	44
Animais, Delineamento Experimental e Tratamentos.....	44
Dietas Experimentais.....	44
Desempenho zootécnico.....	45
Qualidade de ovos	47
Análise econômica	48
Análise estatística	48
3. RESULTADOS	49
Desempenho zootécnico.....	49
Qualidade físico-química dos ovos de codornas	52
Análise colorimétrica	55
Análise econômica da produção.....	55
4. DISCUSSÃO.....	57
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

LISTA DE TABELAS

CAPITULO 1: ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS: REVISÃO

Tabela 1. Produção de ovos de codornas (mil dúzias).	8
Tabela 2. Recomendações de energia metabolizável e proteína bruta para codornas japonesas.	13
Tabela 3. Comparativo dos teores de energia metabolizável de ingredientes comumente utilizados na formulação de dietas para codornas de postura.	16
Tabela 4. Níveis de energia metabolizável recomendada em diferentes estudos com diferentes objetivos de produção utilizando codornas japonesas.....	17

CAPITULO 2: NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS EM PRODUÇÃO

Tabela 1 Composições percentual e nutricional das dietas experimentais para codornas de postura em fase de produção contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível. ...	46
Tabela 2. Desdobramento das interações de desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.	50
Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	51
Tabela 4. Desdobramento das interações da qualidade físico-química dos ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	54
Tabela 5. Qualidade físico-química dos ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.	54
Tabela 6. Colorimetria da gema de ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.	55
Tabela 7. Desdobramento das interações da análise econômica da produção de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	56
Tabela 8. Análise econômica da produção de codornas japonesas criadas em ambiente termoneutro e alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.	56

CAPÍTULO 1

ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS: REVISÃO

INTRODUÇÃO GERAL

A coturnicultura nos últimos anos tem apresentando crescentes avanços, tornando-se uma importante atividade da pecuária brasileira, apesar disso, estudos relacionados à nutrição de codornas japonesas é bastante escasso, o que tem fomentado pesquisas voltadas a implementação de programas alimentares nas diferentes fases de produção⁵⁰. Entretanto os estudos inerentes às estimativas de níveis nutricionais para codornas japonesas têm se demonstrando discrepante, isso se deve principalmente às diferentes condições de manejo, ao aumento do desempenho zootécnico, bem como a ausência de um material genético padronizado⁴⁸.

Entre os estudos, os níveis de proteína são os mais recorrentes, uma vez que esta onera os custos de produção, aumenta a excreção de nitrogênio e poluição ambiental. No entanto, a redução dos níveis de proteína sem que haja a suplementação de aminoácidos limitantes pode provocar redução no consumo, produção e afetar o comportamento social das aves. Mas, os níveis ótimos de aminoácidos diferem-se de acordo com a categoria animal e objetivo da produção, o que torna um desafio à determinação exata da sua exigência nutricional^{50, 51}.

Neste contexto, a lisina, segundo aminoácido limitante para codornas japonesas em dietas a base de milho e farelo de soja, tem sido amplamente estudada dado a sua viabilidade de suplementação, bem como a sua relação simples com os demais aminoácidos, possibilitando a partir dessa a formulação de dietas com base na proteína ideal. Além disso, a limitação deste aminoácido na dieta de codornas pode afetar o seu consumo, crescimento e produção de ovos, enquanto o excesso pode afetar a absorção de outros aminoácidos como a arginina, que competem pelo mesmo sítio de absorção^{44, 51}.

Outro importante componente nutricional é a energia metabolizável dos alimentos e da dieta, que é considerada uma importante variável na formulação de dietas para codornas, dado a sua capacidade de regular o consumo de ração e, conseqüentemente, influenciar no consumo dos demais nutrientes, o que afeta o desempenho da ave⁵³.

Diante disso, o presente estudo, dividido em dois capítulos, objetivou avaliar a exigência nutricional de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas em produção. O Capítulo 1, compreende a uma revisão de literatura elaborada de acordo com as normas editoriais do Jornal Brasileiro de Ciência Animal. O Capítulo 2 trata-se de um artigo científico normatizado e adaptado segundo as exigências para submissão da revista *British Poultry Science*.

RESUMO

A coturnicultura vem apresentando nos últimos anos um expressivo crescimento. Esse cenário é fortemente influenciado pela exigência de pouca área para produção, custos de implantação relativamente baixos e alto valor agregado aos seus produtos, possibilitando um retorno do capital investido em curto espaço de tempo. Entretanto, o acelerado desenvolvimento da atividade não foi acompanhado pelo desenvolvimento de pesquisas para subsidiar uma produção eficiente, o que por sua vez conduziu à utilização de técnicas e informações não destinadas a produção de codornas. Assim, objetivou-se com a presente revisão de literatura abordar aspectos relevantes à produção de codornas de postura, pontuando a evolução e o atual cenário do setor, bem como as principais informações inerentes às estimativas dos componentes nutricionais, lisina digestível e energia metabolizável, para codornas em fase de produção. Considera-se que apesar da recorrência de estudos para estimar a exigência nutricional para codornas japonesas, as estimativas de exigências têm apresentado discrepância em literatura, variando entre 20 e 25% de proteína bruta, 2.650 a 3.100 Kcal de energia metabolizável/Kg de dieta e 0,90 a 1,20% de lisina digestível. Essas diferenças observadas têm sido relacionadas principalmente a ausência de material genético definido para espécie, condições de manejo e objetivos de produção.

Palavras-chave: Coturnicultura, exigências nutricionais, *Coturnix coturnix japonica*.

ABSTRACT

The coturniculture has shown significant improvement in recent years. This scenario is strongly influenced by the requirement of a small area for production, relatively low implementation costs and high added value to its products, allowing a return on investment in short time. However, the accelerated development of the activity was not accompanied by the development of research to subsidize efficient production, which in turn led to the use of techniques and information not intended for the production of quails. Thus, the objective of the present literature review was to discuss aspects relevant to the production of laying quails, assessing the evolution and the current scenario of the sector, as well as the main information inherent in the estimates of nutritional components, digestible lysine and metabolizable energy. quails in production. It is considered that despite the recurrence of studies to estimate the nutritional requirement for Japanese quails, estimates of requirements have presented a discrepancy in the literature, varying between 20 and 25% of crude protein, 2,650 to 3,100 metabolizable energy / kg of diet and 0.90 to 1.20% of digestible lysine. These observed differences have mainly been related to the absence of genetic material defined for species, management conditions and production objectives.

Key-words: Coturniculture, nutritional Requirements, *Coturnix coturnix japonica*.

RESUMEN

La coturnicultura viene presentando en los últimos años un expresivo crecimiento. Este escenario está fuertemente influenciado por la exigencia de poca área para producción, costos de implantación relativamente bajos y alto valor agregado a sus productos, posibilitando un retorno del capital invertido en corto espacio de tiempo. Sin embargo, el acelerado desarrollo de la actividad no fue acompañado por el desarrollo de investigaciones para subsidiar una producción eficiente, lo que a su vez condujo a la utilización de técnicas e informaciones no destinadas a la producción de codornices. En el presente trabajo se analizaron los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos en el análisis de los resultados obtenidos en el estudio. codornices en fase de producción. Se considera que a pesar de la recurrencia de estudios para estimar la exigencia nutricional para codornices japonesas, las estimaciones de exigencias se ha presentado discrepancia en literatura, variando entre 20 y 25% de proteína bruta, 2.650 a 3.100 de energía metabolizable / Kg de dieta y 0,90 a 1,20% de lisina digestible. Estas diferencias observadas se han relacionado principalmente con la ausencia de material genético definido para especies, condiciones de manejo y objetivos de producción.

Palabras-clave: Coturnicultura, exigencias nutricionales, *Coturnix coturnix japonica*.

INTRODUÇÃO

A produção de codornas japonesas é datada desde o início do século XX, representando nos dias atuais uma atividade de impacto na fonte de renda de produtores, bem como na produção de alimentos⁵⁴.

A evolução dos conhecimentos nutricionais para codornas japonesas é marcada inicialmente pelo uso de tabelas de exigências nutricionais de espécies análogas, como frangos de corte e galinhas de postura, em seguida baseadas em tabelas internacionais como a *National Research Council (NRC)*²⁸, o que fez com que a atividade ficasse estagnada. Atualmente, as Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos abrange recomendações para codornas de postura, assim como as próprias Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias, as quais têm contribuído significativamente para o desenvolvimento do setor ^{1,2,28,29,94}.

Os estudos inerentes a exigência nutricional de codornas japonesas, englobam em grande parte, pesquisas voltadas a determinação dos níveis de proteína bruta na dieta, tendo em vista que esta é um dos nutrientes que mais onera a produção, no entanto, reduzir os níveis de proteína bruta sem afetar o desempenho só se torna possível com a suplementação de aminoácidos a fim de evitar que a sua deficiência ou limitação não influencie o desempenho do animal⁵⁰.

Neste contexto, a formulação de dietas com base na proteína ideal torna-se uma alternativa, permitindo o uso de aminoácidos sintéticos e atendimento adequados das exigências dos aminoácidos considerados essenciais. Para tal, a lisina digestível tem demonstrado uma ótima referência, tendo em vista a viabilidade da sua suplementação e metabolismo simples, o que possibilita relacionar seus níveis com os demais aminoácidos, conseqüentemente, em função de qualquer mudança em sua exigência, pode-se concomitantemente, alterar os quantitativos dos demais aminoácidos, mantendo sempre a sua proporção⁴⁴.

A energia da dieta, é considerada uma propriedade dos nutrientes que produzem energia quando oxidados, e por ser um importante fator na formulação de dietas, para codornas, a energia metabolizável deve ser fornecida em quantidades suficientes para atender as exigências de manutenção, crescimento, produção de ovos e reprodução. A energia metabolizável é a principal responsável pela redução no consumo de ração, o que pode limitar o consumo dos demais nutrientes⁵⁵.

A exigência de energia metabolizável em codornas está relacionada principalmente ao status de produção da mesma, bem como ambiente de produção e, via de regra, o adensamento de energia metabolizável em dietas de codornas é realizado utilizando fontes lipídicas como gordura de origem animal e óleo vegetal ⁵⁵.

Assim, objetivou-se com a presente revisão de literatura abordar os principais aspectos relacionados à evolução e atualidades da coturnicultura no Brasil, ponderando, principalmente, a influência dos componentes nutricionais energia metabolizável e lisina digestível sobre o desempenho zootécnico e qualidade físico-química de ovos de codornas em fase de produção.

1. A coturnicultura no cenário avícola

A coturnicultura brasileira tem apresentado um expressivo crescimento, entre os anos de 2010 a 2015, com o efetivo rebanho de codorna apresentou uma taxa de crescimento anual de 14%, sendo a região Sudeste a que detém o maior rebanho efetivo do país (75,7%), seguidas da região Nordeste, Sul, Centro-Oeste e Norte, com 10,5, 10,1, 2,9 e 0,8%, respectivamente. O Brasil é o quinto maior produtor mundial de carne de codornas e o segundo maior produtor mundial de ovos, nos últimos anos a produção de ovos de codornas tem apresentado variações, com crescimento expressivo entre 2012 e 2014 e sucessiva queda na produção nos anos seguintes (Tabela 1) ^{4,5}.

Tabela 1. Produção de ovos de codornas (mil dúzias)

Brasil e Grande Região	2012	2013	2014	2015	2016
Brasil	284.973	342.503	392.778	382.919	273.301
Norte	1.063	1.564	2.159	2.005	1.747
Nordeste	15.564	18.226	21.946	37.569	32.710
Sudeste	232.648	283.343	322.346	290.409	186.613
Sul	28.571	27.339	34.137	40.621	43.862
Centro-Oeste	7.126	12.032	12.190	12.314	8.369

Fonte: IBGE. Pesquisa Pecuária Nacional⁵.

Originadas do norte da África, Europa e Ásia, as codornas foram inicialmente criadas por chineses e coreanos e posteriormente por japoneses, ambos com intuito de apreciar o seu canto. Entretanto, o mérito da domesticação para fins produtivos é atribuído aos japoneses que, em 1910, deram início ao acasalamento dirigido das codornas europeias e selvagens, o que resultou na espécie conhecida atualmente como *Coturnix coturnix japonica*^{1,2}.

Existem três espécies de codornas com aptidões para a exploração zootécnica, a codorna americana (*Colinus virginianus*) e europeia (*Coturnix coturnix coturnix*), as quais possuem majoritariamente habilidades para produção de carne, enquanto a codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) tem sua criação voltada para produção de ovos, sendo essa, a linhagem mais difundida em todo o mundo³.

A expressiva evolução da coturnicultura no cenário avícola é fundamentada, principalmente, em seus aspectos produtivos, em que as espécies apresentam uma

taxa de crescimento acelerada, maturidade sexual precoce, boa rusticidade, longevidade e excelente qualidade dos seus produtos. Além desses, a baixa demanda de área para produção, custo de implantação relativamente baixo, retorno do capital investido em curto prazo e alto valor agregado ao produto final são características que tem estimulado o crescimento do setor^{6,7}.

Apesar da sua rápida expansão, a coturnicultura tem demandado cada vez mais estudos com intuito de melhor determinar as suas exigências nutricionais e perfil de desempenho, no entanto, grande parte das pesquisas tem-se demonstrado discrepantes em seus resultados em função da ausência de material genético padronizado, aumento da capacidade de desempenho das aves e diferenças de manejo, o que tem suscitado a necessidade constante de maiores estudos⁴⁸.

Mesmo havendo semelhanças fisiológicas entre as codornas e galinhas poedeiras ou frangos de corte, a utilização de informações nutricionais dessas espécies não deve ser aplicado para codornas, uma vez que há particularidades na espécie. Apesar da codorna utilizar os mesmos mecanismos para assimilar a energia do milho e do farelo de soja, esta possui maior exigência em proteína e menor requerimento de cálcio quando comparados com as galinhas poedeiras, do mesmo modo que, dentro das espécies de codornas (europeias e japonesas), os requerimentos nutricionais para manutenção e produção são distintos⁵.

Atualmente, as disparidades observadas na genética de codornas de postura é um dos fatores que tem contribuído para as diferenças em desempenho e exigência nutricional. Em um estudo realizado com três linhagens de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) a partir da técnica de Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD), observou-se haver uma diferença média significativa entre as linhagens estudadas, sugerindo uma diversidade genética que pode ser utilizada em programas de melhoramento genético da espécie⁵⁶.

2. Ambiência para codornas de postura

Por muito tempo os efeitos do ambiente sobre o desempenho animal foram desconsiderados, entretanto, é fato já consolidado que o animal comporta-se de maneira a manter sua temperatura corporal estável, de forma a constantemente realizar trocas de calor com o meio ambiente. Logo, os fatores externos do ambiente contribuem para promover variações fisiológicas e comportamentais que modificam

as taxas de calor trocadas entre ambos. Uma vez considerado que as aves são animais homeotérmicos, as variações dos componentes ambientais contribuem para as respostas fisiológicas do animal, permitindo que haja, ou não, máximo desempenho^{8,9}.

O ambiente pode ser conceituado como a soma de fatores circulantes de origem biológica e física, dentre estes, cita-se a temperatura ambiente, umidade relativa do ar e movimentação de ar, dos quais constantemente interagem com o animal promovendo alterações em sua zona de conforto térmico, a qual é a faixa de temperatura ambiente efetiva em que a taxa metabólica é mínima e a manutenção da temperatura corporal é mantida com o menor gasto energético^{10,11}.

O conforto térmico é a zona de temperatura em que a resposta animal ao ambiente é positiva e a demanda ambiental é conciliada com a produção basal, acrescida da produção de calor equivalente à atividade normal e do incremento calórico da alimentação. A zona de conforto é variável de acordo com diversos fatores como fase de criação, manejo e ambiente¹².

A zona de conforto térmico possui uma temperatura crítica inferior (TCI), uma temperatura crítica superior (TCS) e a faixa compreendida entre essas duas temperaturas críticas é a zona de termoneutralidade ou zona de conforto térmico (ZCT)¹³.

Sob a óptica nutricional, a manutenção da temperatura corporal acima da zona de conforto térmico (estresse por calor), determina um gasto de energia, para que a perda de calor seja maior que a sua produção. Tal fato repercute diretamente na redução do consumo de ração, com o objetivo de reduzir o consumo de energia e conseqüentemente diminuir a produção de calor, o que infere sob a ingestão dos demais quantitativos de nutrientes, promovendo assim um déficit nutricional que resulta na modificação da partição metabólica de energia, repercutindo negativamente sobre a produtividade¹⁴.

Em aves de postura, os efeitos do estresse por calor ou de temperaturas acima da zona crítica superior, tendem a repercutir não apenas no consumo de ração, uma vez que outras modificações fisiológicas com o intuito de manter a homeostase. Na tentativa de aumentar a dissipação do calor corpóreo, as aves realizam o resfriamento evaporativo respiratório através do aumento da frequência respiratória em até dez vezes o que promove um maior risco de ocorrência de distúrbios no equilíbrio ácido-básico, tendo em vista que a hiperventilação promove a

redução dos níveis de dióxido de carbono (CO_2) sanguíneo o qual é requerido para produção de ácido carbônico (H_2CO_3), responsável pelo tamponamento sanguíneo¹⁵.

Os efeitos da alcalose respiratória em aves poedeiras promovem um desequilíbrio eletrolítico e mineral, uma vez que, na busca por amenizar a alcalose, há a liberação de ácidos orgânicos no sangue que complexam o cálcio, reduzindo o aporte deste na corrente sanguínea e concomitantemente a sua disponibilidade para utilização na produção, principalmente durante a formação da casca do ovo, o que leva a ocorrência de ovos pequenos e com qualidade de casca inferior¹⁰.

Fundamentada nas informações citadas, diversos autores afirmam que em condições de estresse por calor, poedeiras, em um primeiro instante, reduzem a qualidade dos ovos, diminuindo o peso dos ovos e dos seus componentes, a espessura da casca e, por fim, a produção de ovos^{16,17}.

Em contrapartida, aves criadas em ambientes com temperaturas abaixo da zona crítica inferior (estresse por frio), tendem a recrutar um maior quantitativo de energia para produção de calor a fim de manter a sua temperatura corporal, isso repercute principalmente, no consumo de ração, o qual é aumentado.

Estudos corroboram para a confirmação dos efeitos da temperatura ambiente sob o consumo voluntário de ração supracitados¹⁸, sendo avaliado o efeito da temperatura ambiente e densidade de energia na dieta de codornas japonesas, criadas em ambiente com três temperaturas (14, 27 e 35°C) e com duas densidades energéticas (3.150 e 4.150 Kcal/Kg de dieta).

Entretanto, quando em ambientes termoneutros, as aves não apresentam alterações expressivas em seu desempenho, exceto quando submetidas a desafios sanitários, aspectos genéticos, nutricionais e de manejo ineficazes¹¹.

As diferenças de desempenho de codornas criadas em ambientes termoneutros e sobre altas temperaturas sugerem haver discrepâncias tanto no consumo de ração como na qualidade dos ovos, sendo os melhores índices zootécnicos observados quando as aves foram criadas em condições de termoneutralidade¹³.

Neste contexto, apesar da codorna ser considerada uma ave rústica, esta se adapta a regiões de climas quentes e frios, possuindo uma faixa de conforto térmico com temperaturas ambientais de 21 a 25 °C¹⁹.

É sabido que fatores bióticos e abióticos contribuem para a qualidade do ambiente em sistemas de produção intensivo, os principais fatores referem-se à

temperatura ambiente, a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, radiação, dentre outras, uma vez sendo essas medidas variáveis independentes, suas alterações promovem diferentes efeitos sobre o animal, e, quando em conjunto, auxiliam no condicionamento do bem-estar e da produção²⁰. Por se tratar de informações que oscilam constantemente, sua interpretação de maneira conjunta torna-se complexa, o que requer o uso de índices que atribuam uma única medida para reportar as condições do ambiente.

Os índices de conforto térmico apresentam em uma única variável, tanto os fatores que caracterizam o ambiente térmico que circula o animal, como o estresse que tal ambiente pode exercer sobre ele²⁰.

Dentre os índices comumente utilizados tem-se o índice de temperatura e umidade (ITU), que utiliza informações de temperatura ambiente, radiação solar e convecção para determinar seus efeitos sob o organismo vivo. O índice de globo negro e umidade (ITGU) o qual utiliza as mesmas variáveis do índice anterior substituindo a temperatura do bulbo seco por temperatura de bulbo negro, sendo seu resultado uma reprodução mais fidedigna das condições ambientais para as aves, refletindo principalmente nos mecanismos de manutenção da homeotermia dessa. Há ainda a entalpia (H), medida utilizada para correlacionar os efeitos da temperatura ambiente e umidade relativa do ar sobre os animais²¹.

De acordo com ensaios realizados²² as codornas japonesas em produção apresentaram conforto térmico com índices que variaram entre 66,6 a 76,0; 67,3 a 77,0 e 46,7 a 67,0 KJ.Kg de ar seco⁻¹ para ITU, ITGU e H, respectivamente.

3. Nutrição de codornas

Na composição dos custos de produção, os dispêndios com a alimentação animal compreendem a maior alíquota, cerca de 70 a 80% dos custos totais. Deste montante, aproximadamente 25% se deve a aquisição de fontes proteicas. Diante disso, há uma crescente preocupação por parte dos nutricionistas em formular dietas que atendam às exigências nutricionais dos animais, sem que haja excessos ou deficiências, promovendo assim uma redução nos custos e conseqüentemente um melhor retorno econômico^{7, 23}.

Na coturnicultura os estudos inerentes à determinação dos níveis nutricionais são constantes^{5,6,24,25,26}. Entretanto, durante sua evolução, a ausência de

informações referentes as exigências nutricionais conduziram a utilização de informações de outras espécies, como aves de postura e frangos de corte, como base para nutrição e manejo.

Além disso, por muito tempo as formulações de dietas para codornas japonesas eram realizadas utilizando-se informações de exigências de outros países como o *National Research Council (NRC)*²⁸, o qual não possui atualização desde 1994, havendo ainda distinções de exigências nutricionais por diferenciação principalmente do clima, o que por sua vez conduz a uma subestimativa das aptidões da espécie²⁷.

Atualmente, as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos²⁹ também abrange informações sobre as exigências nutricionais para codornas japonesas, fornecendo equações que determinam os níveis de cada nutriente.

Entretanto, nos últimos anos as codornas japonesas ficaram mais pesadas, mais produtivas e com ovos maiores o que tem contribuído para a variação dos resultados observados em experimentos. Além disso, a ausência de padronização genética da espécie também é um dos fatores importantes para essas variações de recomendações²⁹.

Os níveis de exigências nutricionais para codornas variam de acordo com a idade, categoria, níveis de produção, ambiência, dentre outros. Para codornas japonesas em produção, as exigências em proteína bruta variam entre 18 a 25%, havendo ainda uma expressiva heterogeneidade quanto aos níveis de energia metabolizável que variam entre 2.585 a 3.100 Kcal/Kg de dieta⁵ (Tabela 2).

Tabela 2. Recomendações de energia metabolizável e proteína bruta para codornas japonesas.

Literatura	EM (Kcal de EM/Kg de dieta)	PB (%)	Característica de produção
Pinto et al., 2002 ⁵⁷	2.850	22,4	Melhor performance produtiva
Freitas et a., 2005 ²³	2.585	18,0	Produção de ovos e Conversão alimentar
		21,2	Produção de ovos mais pesados
Cavalcante et al., 2010 ³⁰	3.100	20,0	Melhor conversão alimentar
Aglooba et al., 2016 ⁵⁹	3.000	20,0	Produção de ovos e qualidade de ovos

As codornas de postura têm necessidades nutricionais diferentes das galinhas poedeiras. As exigências diferem de poedeiras comerciais em vários aspectos

anatômicos e fisiológicos como, por exemplo, o tempo de passagem dos alimentos no trato digestório de codornas é muito mais rápido, sendo de 1 a 1,5 horas em codornas e 3-5 horas em galinhas. Essas disparidades ocasionam diferenças quanto à digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes²⁹.

Além disso, as codornas necessitam de uma quantidade maior de proteína (aminoácidos) e menor necessidade em cálcio, digerem melhor os aminoácidos e aproveitam mais a energia e a fibra bruta dos alimentos. Esses animais ainda aproveitam a energia do milho e do farelo de soja na mesma proporção que os frangos de corte⁵.

São recorrentes os estudos que objetivem determinar os níveis de proteína bruta^{26,30}, dado a sua capacidade de onerar a produção, assim como dos níveis de energia na dieta^{3,31}, tendo em vista que essa modula, juntamente com a proteína bruta, os níveis de produção das aves, assim como em quantificar os demais nutrientes em seus devidos níveis e proporções.

A redução dos níveis dietéticos de proteína bruta na dieta de codornas só é possível quando esta é acompanhada da suplementação dos aminoácidos limitantes via fontes sintéticas, entretanto para que esta suplementação seja eficiente é necessário determinar os quantitativos destes aminoácidos exigidos pelo animal. Neste contexto a formulação de dietas com base na proteína ideal tem sido amplamente utilizada na avicultura⁶⁰.

O conceito de proteína ideal foi desenvolvido há mais de 50 anos e refere-se a uma proteína com o perfil de aminoácidos que satisfaz exatamente os requisitos do animal, de modo que todos os aminoácidos sejam disponibilizados em suas devidas proporções para que o animal apresente seu máximo desempenho³².

A aplicação do modelo de proteína ideal conduz a um melhor desempenho, uma vez que essa reduz os processos de excreção de nitrogênio, sendo o uso de aminoácidos sintéticos importante caminho para estabelecer as exigências desses nutrientes³³.

A maioria dos animais de produção requerem pelo menos nove aminoácidos tidos como “essenciais” ou “indispensáveis” (lisina, histidina, leucina, isoleucina, valina, metionina, treonina, triptofano e fenilalanina), estes são assim categorizados, dado a incapacidade dos animais em sintetizá-los, em velocidade e quantidade suficientes ao seu requerimento, devendo assim ser provisionados durante a

formulação de dietas. Aqueles aminoácidos que os animais são capazes de sintetizar são classificados como “não essenciais” ou “dispensáveis”³⁴.

As codornas possuem exigência de 19 aminoácidos, entre estes 13 são considerados essenciais: a arginina, a cistina, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, tirosina e valina⁵⁵.

A formulação de dietas com base no conceito de proteína ideal, apesar de teoricamente simples, trata-se de uma estratégia complexa, uma vez que as espécies requerem diferentes níveis de aminoácidos em diferentes fases de produção, lançar mão de técnicas como combinação de fontes proteicas e o uso de aminoácidos sintéticos compreendem aos mecanismos comumente utilizados.

Apesar de não ser considerado um nutriente, a energia compreende a uma unidade de medida que quantifica a produção de calor e a sua utilização no metabolismo animal quando as moléculas orgânicas são completamente oxidadas³⁵.

A determinação dos níveis de EM para codornas japonesas em produção vem sendo amplamente estudadas^{3,23,24,30,31}, uma vez que o nível energético da dieta constitui o principal fator regulador da ingestão de nutrientes e de EM. Esta quantidade de energia metabolizável consumida depende ainda das necessidades da ave, do peso corporal, da em produção, do crescimento, dos níveis de manutenção e do ambiente de criação⁶.

3.1 Energia metabolizável

A energia da dieta compreende a um componente nutricional que modula o desempenho das aves, isso se deve ao fato de que apenas 20% da energia consumida é destinada para a produção (ELp). Assim, um aporte insuficiente de energia conduz a uma queda na produção, no entanto, quando os níveis energéticos da ração encontram-se em excesso ocorre um estímulo a superovulação, o que aumenta a produção de ovos de duas gemas e a absorção de óvulos na cavidade abdominal, repercutindo no aumento do intervalo entre postura e conseqüentemente à redução da produção³.

Este efeito da energia metabolizável na produção de ovos de codornas japonesas foi relatado em um estudo⁶, em que os pesquisadores trabalharam com diferentes níveis de energia metabolizável (2.650 a 3.050 kcal de EM/kg) na dieta de

codornas japonesas em fase inicial de postura e observaram uma máxima produção de ovos em dietas contendo 2.900 Kcal de energia metabolizável na dieta.

Dietas de codornas de postura são formuladas considerando informações de valores de energia metabolizável dos ingredientes para frangos de corte ou galinhas poedeiras, no entanto, esses valores podem diferir a depender da granulometria do alimento, status de produção e espécie animal a qual o ingrediente é fornecido (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de energia metabolizável de ingredientes comumente utilizados na formulação de dietas para codornas de postura.

Ingrediente	Frangos²⁹	Galinha²⁹	*Codornas de postura³⁶
Milho moído	3.364	3.394	3.440
Farelo de soja	2.258	3.341	2.718
Soja integral extrusada	3.393	3.454	3.453
Farelo de trigo	1.810	1.926	1.624
Farinha de Peixe	2.851	2.851	2.874
Farinha de vísceras	3.241	3.241	3.090

*Determinação dos valores de energia metabolizável realizada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) aos 29 dias de idade.

Pode-se observar que codornas de postura em fase de crescimento apresentam uma tendência de aproveitarem melhor a EM dos principais ingredientes utilizados na formulação de dietas (milho moído e farelo de soja), no entanto, para os ingredientes como farinha de peixe, de vísceras e farelo de trigo a eficiência de aproveitamento da energia tem uma tendência de ser inferior quando comparado com as aves de corte e galinhas de postura.

Um importante fator a ser considerado durante a formulação de dietas é a relação EM:Nutrientes, uma vez que dietas com maior densidade energética tendem a reduzir o consumo, diminuindo proporcionalmente a ingestão dos demais nutrientes. No entanto, quando a relação EM:Nutrientes é mantida os impactos no desempenho do animal é amenizado³⁷.

Neste contexto, um estudo avaliou a redução dos níveis energéticos em dietas de codornas japonesas em produção e seus efeitos sobre as características do ovo, mantendo a mesma relação EM:Nutrientes. Para este experimento, em que foi realizado a redução de níveis de EM (2.900 a 2.500 Kcal de EM/Kg de dieta), mantendo-se as mesmas proporções de nutrientes na ração contendo 2.900 Kcal de

EM/Kg de dieta, verificou-se que apenas o consumo de ração e a gravidade específica do ovo apresentaram disparidades significativas, mas a redução na densidade energética da ração não promoveu efeitos significativos para as demais variáveis como consumo de EM, produção de ovos, peso do ovo e proporção dos componentes do ovo³⁷.

Em contrapartida, um ensaio com níveis de EM na dieta de codornas de postura demonstrou diferenças significativas no consumo de ração, no peso e componentes do ovo, a qual pode estar associada à relação EM:Nutriente que não foram mantidas constante entre as dietas formuladas³.

A definição adequada dos níveis de EM para codornas japonesas em produção, variam ainda de acordo com o objetivo da produção, o que por sua vez pode explicar a heterogeneidade de recomendações apresentadas nas conclusões de ensaios (Tabela 4).

Tabela 4. Níveis de energia metabolizável recomendada em diferentes estudos com diferentes objetivos de produção utilizando codornas japonesas.

Literatura	Níveis de EM (Kcal EM/Kg de dieta)	Objetivos da produção
Pinto et al., 2002 ⁶³	2.850	Melhor desempenho produtivo.
Barreto et al., 2007 ¹	2.650	Maior peso do ovo e conversão alimentar por massa de ovos fase inicial de postura.
Moura et al., 2008 ⁶²	2.800	Melhor conversão alimentar por massa de ovos
	2.900	Melhor conversão alimentar por dúzia de ovos.
Ghazaghi et al., 2012 ⁵⁸	2.950	Maior peso corporal na fase inicial (0 a 14 dias de idade).
Kaur e Mandal, 2015 ⁶¹	3.100	Melhor desempenho produtivo das 0 a 5 semanas de idade.
Mehri et al., 2015 ⁴⁹	2.865	Maior ganho de peso e melhor conversão alimentar durante a fase de crescimento.
Agboola et al., 2016 ⁵⁹	3.000	Maior desempenho e qualidade de ovos.

Em um estudo realizado recentemente, a recomendação dos níveis de energia metabolizável objetivando os melhores índices zootécnicos e manutenção da integridade de órgãos reprodutivos de codornas japonesas em produção foi de 2.690 Kcal de EM/Kg de dieta³¹.

Na prática o provisionamento das exigências de EM podem ser realizadas a partir do uso de equações que utilizam informações como peso corporal e produção de ovos para estimar a quantidade necessária de EM para manutenção e produção, respectivamente²⁹.

Entretanto, a simples estimativa da exigência de energia metabolizável não é o suficiente para formulação de dietas, sendo necessário conhecer ainda aspectos nutricionais e fisiológicos da ave, informações quanto a concentração energética de cada ingrediente e sua biodisponibilidade.

Nesse sentido, o conceito de incremento calórico (IC) se faz de extrema importância, tendo em vista que, o incremento calórico, de uma forma geral, representa toda a perda de energia durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. A energia do IC não é usada para os processos produtivos, mas pode ser utilizada para manter a temperatura corporal em condições de baixa temperatura. Via de regra, o incremento calórico é menor nos lipídeos, carboidratos e proteínas, respectivamente³⁵.

O aproveitamento da energia contida nos alimentos é influenciado pelo aumento no teor de fibra em sua composição, a fibra dietética é menos digerível que os outros nutrientes <50% versus 80 a 100% para o amido, açúcares gorduras ou proteína, além disso, a presença da fibra influencia a digestibilidade aparente dos demais nutrientes como a proteína e a gordura⁵².

O uso do conceito de incremento calórico nas formulações de dietas é importante, partindo do entendimento que, quando se deseja aumentar a densidade energética das dietas, para reduzir impactos causados pelo estresse por calor, que conforme já explicitado, reduz o consumo de ração, a preferência por uso de ingredientes que contenham nutrientes de baixo incremento calórico deve ser uma das estratégias despendidas para tal, a fim de reduzir a produção de calor durante os processos de digestão, absorção e metabolização desses nutrientes, logo, nesses aspectos, as fontes de lipídeos desempenham papel primordial.

3.2 Lisina digestível

A lisina (*Ácido 2,6 diamino-hexanoico*) é considerada um aminoácido essencial para codornas de postura, sendo o segundo aminoácido limitante para

aves, quando alimentadas com dietas formuladas a base de milho e farelo de soja em sua composição, ficando atrás somente da metionina^{25,39}.

Assim, há a necessidade de provisionar a lisina em dietas para codornas de postura, a fim de evitar a sua deficiência, cuja qual, pode interferir negativamente no desempenho zootécnico dessas aves. Para que haja o atendimento das exigências de lisina para aves, é possível utilizar o aminoácido industrial comercialmente conhecido como lisina digestível. Em se tratando da lisina sintética, esta possui atividade de 78,4% em relação à lisina natural e coeficiente de digestibilidade de 100%. Dentre as fontes sintéticas comercializadas destaca-se a L-lisina-HCL; L-lisina sulfato; monoclórato de L-lisina; L-lisina concentrada (líquida); monoclórato de L-lisina (líquida)^{24,34,39}.

A utilização de aminoácidos industrial promoveu um importante avanço na nutrição animal, possibilitando reduzir os níveis de proteína bruta da dieta, os custos das rações e a poluição ambiental causada pela excreção do nitrogênio excedente³⁴.

Os aminoácidos industrial podem ser obtidos por quatro métodos: a extração de hidrolisados de plantas ou proteína animal, síntese química, fermentação e síntese enzimática. Dado aos avanços das tecnologias aplicadas à fermentação, a maioria dos aminoácidos são produzidos a partir desse método³⁴.

A lisina sintética é produzida a partir da fermentação de melaço, açúcares, produtos de amido e seus hidrolisados. A lisina sintética é amplamente utilizada nas formulações de dietas e estudada como aminoácido padrão no conceito de proteína ideal e como referência na estimativa das exigências dos demais aminoácidos^{6,34}, devido ao fato de sua análise ser mais simples e menos dispendiosa que a metionina+cistina o que justifica a grande quantidade de estudos com este aminoácido³⁸.

Além disso, a lisina é utilizada quase que exclusivamente para a produção de proteína e é precursora de carnitina, tornando o seu metabolismo mais simples de ser estudado, além de não ocorrer transaminação, evitando qualquer modificação metabólica que possa interferir nas determinações das suas exigências. Com isso, sabendo das necessidades reais de lisina torna-se mais fácil à estimativa dos outros aminoácidos, por relações simples³⁸.

Neste contexto, a relação proposta entre a lisina e os demais aminoácidos para codornas de postura em fase de produção são: 1:0,80 metionina+cistina;

1:0,192 triptofano; 1:0,750 treonina; 1:0,483 metionina; 1:1,260 arginina; 1:0,918 valina⁴⁴.

Apesar de prática, a utilização da lisina sintética em dietas deve receber atenção de aspectos importantes como os níveis capazes de provocar intoxicação ou antagonismo.

Nesse sentido, a recomendação é que quantidade de aminoácidos industrial suplementada não ultrapassasse o dobro da exigência estabelecida, para lisina, os riscos de intoxicação residem na suplementação entre 2 a 4% na dieta⁴⁰.

Além disso, os níveis elevados de lisina podem conduzir a um antagonismo com a arginina, reduzindo a sua absorção, uma vez que esta compete pelos mesmos sítios de absorção nos enterócitos⁴¹. Uma alta relação lisina:arginina pode levar a formação do aminoácido homoarginina, reduzindo o apetite e concomitantemente o desempenho das aves³⁹.

As recomendações dos níveis de lisina para codornas de postura variam de acordo com as condições experimentais em que os ensaios são reproduzidos, além dos objetivos da produção. As Tabelas Brasileiras de Aves e Suínos²⁹, recomendam que a suplementação de lisina digestível para codornas japonesas em fase de cria e recria (7 a 35 dias de idade), varie de 1,130 a 1,001%, enquanto para a fase de produção é proposto a utilização de equações de estimativa de exigências de acordo com o peso corporal, ganho de peso e massa de ovo, o que faz uma alusão ao fato que as exigências desse aminoácido varia de acordo com as demandas de manutenção e produção da ave.

A importância da suplementação de lisina para aves reside na sua participação na formação da matriz óssea, muscular e na precursão de carnitina. Logo, estudos para a determinação dos requerimentos nutricionais desta devem concentrar esforços, não apenas na fase de produção, mas durante as fases iniciais, a fim de promover um adequado desenvolvimento muscular e ósseo capaz de garantir uma elevada persistência de postura na fase de produção⁴².

Nesse sentido, um estudo dedicou-se a avaliar a exigência de lisina total para codornas japonesas em fase de crescimento (1 a 42 dias de idade), suplementando-as com níveis de lisina total na ração (0,90 a 1,50%). Os autores observaram que os níveis de lisina total na dieta de codornas de postura não influenciaram significativamente no desempenho das aves, recomendando assim o menor nível (0,90%) de lisina total na dieta de codornas japonesas em crescimento²⁴.

Em relação aos aspectos produtivos, a lisina consiste em um aminoácido presente nos ovos. Para cada 100 g de conteúdo do ovo tem-se aproximadamente 0,912 g de lisina, desse montante, 54,4% estão no albúmen e 42,6% na gema do ovo⁴³. Assim, o atendimento das exigências de lisina para aves em produção é indispensável tendo em vista a sua deposição nos produtos.

Neste contexto, diversos estudos vêm sendo conduzidos no intuito de determinar os níveis adequados de lisina para codornas de postura durante a fase de produção. Dentre eles, um experimento objetivou avaliar os efeitos dos níveis crescentes de lisina digestível (0,80 a 1,30%) sobre o desempenho zootécnico de codornas japonesas em postura, havendo uma estimativa de exigência de 1,12% de lisina digestível na dieta, equivalente ao consumo diário de lisina de 254 mg/ave⁴⁴.

Outro experimento, em que se avaliaram cinco níveis de lisina total (0,80 a 1,40%) combinados com dois níveis de proteína bruta (20 e 23%) para codornas em produção e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, concluiu que as exigências de lisina total de codornas para melhor produção de ovos foi de 1,07% ou consumo de lisina de 287 mg/dia com 20% de proteína bruta na dieta e de 1,15% ou consumo de lisina de 321 mg/dia com 23% de proteína bruta na dieta⁴⁵.

Em estudos avaliando os efeitos de níveis de lisina digestível (0,88 a 1,20%) sobre o desempenho zootécnico e qualidade dos ovos. Observou-se efeitos significativos no consumo de ração e produção de ovos, que levaram a estimar a exigência de 1,03% de lisina digestível na dieta, o que correspondem ao consumo diário de lisina de 292 mg/ave²⁵.

Com o objetivo de estimar a exigência de lisina digestível e seus efeitos sobre o desempenho zootécnico, um ensaio suplementou codornas japonesas com seis níveis de lisina digestível (0,95 a 1,20%), conduzindo a uma estimativa de exigência de 1,12% de lisina digestível, corresponde ao consumo diário de lisina de 272,23 mg/ave ou ao consumo de 26,61 mg de lisina digestível/g de massa de ovos⁴⁶.

Um ensaio avaliando a relação isoleucina:lisina e os níveis de lisina digestível (0,95 a 1,20%) em dietas formuladas com base no conceito de proteína ideal para codornas em postura, estimou que para o satisfatório desempenho produtivo e qualidade dos ovos, o nível de 0,95% de lisina digestível, correspondente ao consumo diário de 224,20 mg/ave/dia deste nutriente, maximiza tais variáveis⁴⁷.

A partir dos resultados publicados em literatura pode-se observar que há uma heterogeneidade quanto aos níveis de lisina recomendados, essa diferença pode ser

atribuída aos objetivos da produção, bem como a aspectos inerentes ao animal, como idade, caracterização genética pouco padronizada, fase de produção e diferença de manejos. Entretanto, fica evidente que as exigências de lisina para codornas em postura variam entre 0,90 e 1,20%.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos inerentes às exigências nutricionais de codornas japonesas têm sido recorrentes, principalmente no que tange às exigências de níveis de proteína bruta, energia metabolizável e lisina digestível. Para proteína bruta, energia metabolizável e lisina digestível são de 20 a 25%, 2.650 a 3.100 Kcal de EM/Kg de dieta e 0,90 a 1,20%, respectivamente.

As diferenças de exigências nutricionais apresentadas na literatura estão associadas aos aspectos intrínsecos do animal como idade e fase de produção, bem como pouca padronização genética da espécie, a qual contribui significativamente para diferenças no desempenho e, conseqüentemente, nas exigências nutricionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REIS, L. F. S. D. **Codornizes, criação e exploração**. Lisboa: Agros, 10, p.222, 1980.
2. PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 9, n.06, p.2041-2049, 2012.
3. BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O. et al. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas europeias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p. 86-93, 2007.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Efetivo do rebanho por tipo de rebanho – codornas. Disponível em ><https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>< Acessado em julho de 2017.
5. SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F.G. et al. Exigência nutricionais para codornas. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v. 13, n. 3, p.775-790, 2012.
6. BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O. et al. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 36, n. 1, p. 79-85, 2007.
7. DUARTE, C.R.A.; MURAKAMI, A.E.; MELLO, K.S. et al. Casca de soja na alimentação de codornas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.6, p. 3057-3068, 2013.
8. BAETA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. 2. Ed. Viçosa, MG: UFV, 269p., 2010.
9. CASSUSE, D.C. Determinação das faixas de conforto térmico para frangos de corte de diferentes idades criados no Brasil. **TESE** (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 91f. 2011.
10. FURLAN, R.L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. Ed. Jaboticabal (SP): FUNEP/UNESP; 375p, 2002.
11. FURLAN, R. L. Influência do calor na fisiologia de poedeiras. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM AVICULTURA PARA POSTURA COMERCIAL, 2, 2005, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 96-118, 2005.
12. SMITH, C. V. A quantitative relationship between environment, comfort and animal productivity. **Agricultural Meteorology**, Geneva, v. 1, p. 249-270, 1964.
13. BERTO, D.A. Temperatura ambiente e nutrição de codornas japonesas. **TESE** (Doutorado em Nutrição e Produção Animal) Universidade Estadual Paulista – Botucatu –SP, 137f., 2012.
14. GONZALES, E. Interferência do calor na nutrição de poedeiras. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO EM AVICULTURA PARA POSTURA COMERCIAL, 2, 2005, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, p. 119-140, 2005.

15. MACARI, M.; FURLAN, R. L.; MAIORKA, A. Aspectos fisiológicos e de manejo para manutenção da homeostase térmica e controle de síndromes metabólicas. In: MENDES, A.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. **Produção de frangos de corte**. Campinas (SP): FACTA, 356p., 2004.
16. TANOR, M. A.; LESSON, S.; SUMMERS, J. D. Effect of heat stress and diet composition on performance of white leghorn hens. **Poultry Science**, Champaign, v.63, p. 304-310, 1984.
17. ZOLLISCH, W. et al. Nutrient requirements of laying hens. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa, p. 109-159, 1996.
18. NUNES, K.C.; GARCIA R.G.; NÄÄS, I.A. et al. Efeito da temperatura ambiente e energia na ração de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19, p.839, 2014.
19. SOUZA-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Ed. da Universidade UFPEL. 138p. 2005.
20. MOURA, D.J.; NÄÄS, I.A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção animal. In: Congresso brasileiro de Engenharia Agrícola. Ilheus, 1993. **Anais...** v.1, p. 42-46, 1993.
21. PEREIRA, C.L. Avaliação do conforto térmico e do desempenho de frangos de corte confinados em galpão avícola com diferentes tipos de coberturas. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de São Paulo. Pirassununga – SP, 103f., 2007.
22. CASTRO, J.O. Avaliação e modelagem do desempenho de codornas de postura submetidas a diferentes ambientes térmicos. **TESE** (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 77f., 2014.
23. FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. et al.. Efeitos de níveis de proteína bruta e energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de codornas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p. 838-8346, 2005.
24. MOURA, A.M.A.; SOARES, R.T.R.N; FONSECA, J.B. et al.. Exigência de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de cria. **Ciência E agrotecnologia**., v.31, n.4, p.1991-1996, 2007.
25. COSTA, F.G.P.; RODRIGUES, V.P.; GOULART, C.C. et al.. Exigência de lisina digestível para codornas japonesas em produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p. 2136-2140, 2008.
26. LIMA, R.C.; COSTA F.G.P.; GOULART, C.C. et al. Exigência nutricional de proteína bruta para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em produção. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.4, p. 1234-1242, 2014.
27. PIZZOLANTE, C.C.; SALDANHA, E.S.P.B.; GARCIA E.A. et al.. Níveis de sal comum em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em final de produção. **Ciência Brasileira Animal**, v.7, n.2, p.123-130, 2006.
28. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutriente requeriments of poultry**. Washington, D. C., 1994.

29. ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I. et al.. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. Ed. – Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, 2017.
30. CAVALCANTE, L.E.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.C. et al.. Determinação da relação energia metabolizável e proteína bruta sobre o desempenho de codornas japonesas em fase de produção. **Revista Científica de produção Animal**, v.12, n.2, p. 166-168, 2010.
31. CASTIBLANCO, D.M.C. Respostas de codornas em produção a diferentes níveis de energia na meta. **TESE** (Doutorado em Zootecnia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal – SP, 72f., 2017.
32. MILGEN, J.V.; DOORMAD, J.Y. Concept and application of ideal protein for pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, n.15, 2015.
33. GOMEZ, S.; MILLER, P.S., LEWIS, A. et al.. Responses of barrows consuming a diet formulated on an ideal protein basis at different feeding levels. 1998. Disponível em >http://digitalcommons.unl.edu/coopext_swine< Acesso em julho de 2017.
34. D'MELO, J.P.F. **Amino acids in animal nutrition**. 2. Ed. CABI publishing. 2003.
35. SAKAMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos. In: **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. Ed. – Jaboticabal:FINEP, 2007.
36. SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L. et al.. Energia metabolizável de ingredientes determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1912-1918, 2003.
37. MOURA, G. S.; BARRETO, S. L. T.; LANNA, E. A. T. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1266-1271, 2010.
38. BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**, editora UFLA, Lavras – MG, 301p. 2006.
39. DEMUNER, L.F. Níveis nutricionais de lisina e metionina mais cistina digestível com base no conceito de proteína ideal para codornas em postura. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Ciências Veterinárias) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES, 69f., 2012.
40. EDMONDS, M.S.; BAKER, D.H. . Comparative effects of individual amino acid excesses when added to a corn-soybean meal diet. Effect on growth and dietary choice in the chick. **Journal Animal Science**, v.65. p.699-705, 1987.
41. KIDD, M.T.; KEER, B.J.; ANTHONY, N.B. Dietary interactions between lysine and treonine in broilers. **Poultry Science**, v. 76, p. 608-614, 1997.
42. RIBEIRO, M.L.G. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a produção, em função do nível de proteína da ração. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB, 54f. 2002.

43. USDA – Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 2012. Disponível em: <<http://www.healingnaturallybybee.com/articles/foods21.php>> Acesso em Agosto de 2017.
44. PINTO, R. FERREIRA, A.S.; DONZELE, J.L. et al.. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.5, p.1182-1189, 2003.
45. RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; DANTAS, M.O. et al.. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a produção, em função do nível de proteína na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.156-161, 2003.
46. RIBEIRO, C.L.N. Níveis de lisina digestível em rações para codornas japonesas em postura. **DISSERTAÇÃO** (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 50f., 2011.
47. REIS, R.S. Relação isoleucina:lisina e níveis de lisina na ração de codornas japonesas em postura. **TESE** (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa – Viçosa MG, 64f., 2013.
48. MURAKAMI, E.E.; GARCIA E. R.M. Nutrição de codornas japonesas. 2014. In: SAKAMURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P et al. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.
49. MEHRI, M.; KASMANI, F.B.; ASGHARI-MOGHADAM, M. Estimation of lysine requirements of growing Japanese quail during the fourth and fifth weeks of age. **Poultry Science**, v.94, p.1923–1927, 2016.
50. SANTOS, G.C.; GARCIA, E.A.; VIEIRA FILGO, J.A. et al.. Performance of Japanese quails fed diets with low-protein and isoleucine. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. v. 38, n. 2, p. 219-225, 2016.
51. LIMA, H.J.D.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L. et al.. Digestible lysine requirement for growing Japanese quails. **Poultry Science**. 2016.
52. NOBLET, J. Net energy evaluation of feeds and determination of net energy requirements of pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.277-284, 2007.
53. LIMA, M.R.; COSTA, F.G.P.; BATISTA, J.D.O.; et al.. Impacto of the feed metabolizable energy on protein and amino acids demand of Japanese quails. **Global Journal of Animal Scientific Research**, v. 1, n. 1, 2013.
54. ZANCANELA, V.; MARCATO, S.M.; FURLAN, A.C., et al.. Models for predicting energy requirements in meat quail. **Livestock Science**, v. 171, p. 12-19. 2015.
55. ALTIE, S.; SABO, M.N.; MUHAMMAD, N. et al.. Basic nutrient requirements of the domestic quails under tropical conditions: A review. **World Scientific News**, v. 49, p. 223-235, 2016.
56. PRIOLI, R.A.; GASPARINO, E.; SOARES, M.A.M.; et al.. Diversidade genética entre três linhagens de codornas selecionadas para produção de ovos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n.3, p. 725-731, 2010.

57. PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; et al.. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p. 1761-1770, 2002.
58. GHAZAGHI, M.; MEHRI, M.; YOUSEF-ELAHI, M. et al.. Response surface of dietary and protein in Japanese quail from 7 to 14 days of age. **Poultry Science**, v.91, p. 2958-2692. 2012.
59. AGBOOLA, A.F.; OMIDIWURA, B.R.O.; OLOGBOSERE, D.Y.; et al.. Determination of crude protein and metabolisable energy of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*) during laying period. **Journal of World's Poultry Research**, v. 6, n.3, p. 131-138, 2016.
60. VIANA, S.G.; GOMES, P.C.; BARRETO, S.L.T.; et al.. Redução da proteína bruta em rações formuladas com conceito de proteína idela para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Anais... XII congresso APA**. 2014.
61. KAUR, S.; MANDAL, A.B.. The performance of Japanese Quail (White Breasted Line) to dietary energy and amino acid levels on growth and immunocompetence. **Journal of Nutrition e Food Sciences.**, v. 4. 2015.
62. MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; et al.. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1628-1633, 2008.
63. PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; et al.. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1761-1770, 2002.
64. SILVA J.H.V.; COSTA, F.G.P.. **Tabelas para Codornas Japonesas e Europeias**. 2 ed. FUNDEP. Japoticabal 2009.

CAPÍTULO 2

NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS EM PRODUÇÃO

Níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas em produção

RESUMO: 1. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de níveis de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) na dieta de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em produção sobre o desempenho zootécnico, qualidade físico-química do ovo e resultado econômico da produção.

2. Foram utilizadas 540 codornas japonesas com 172 dias de idade e peso corporal de $152 \text{ g} \pm 0,009$, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com 12 tratamentos, em esquema fatorial 3×4 (Níveis de EM: 2.600, 2.875 e 3.150 Kcal EM/Kg de dieta; e Níveis de LD: 0,90, 1,05, 1,20, 1,35%), com 5 repetições por tratamento e 9 aves por unidade experimental. As aves foram criadas em instalações climatizadas com temperatura de $22,37^\circ\text{C} \pm 3,66$ e alimentação e água *ad libitum*. O período experimental compreendeu 4 ciclos produtivos de 28 dias.

3. Houve interação entre os níveis de EM e LD para o peso corporal, consumo de ração, consumo de lisina digestível, consumo de energia metabolizável, porcentagem de casca, espessura de casca e índice de lucratividade, em que dietas contendo 2.600 Kcal de EM apresentaram estimativas de LD de 1,11, 1,13, 1,26, 1,13, 1,14, 1,13 e 1,08%, respectivamente. A EM e LD apresentaram efeito independente sobre a massa de ovos, porcentagem de postura, conversão alimentar em g/massa de ovos e Kg/dz de ovos, conversão alimentar por consumo de energia metabolizável, peso do ovo e gravidade específica. A EM apresentou efeito independente sobre a cor b^* , renda bruta e lucro operacional. Os níveis de EM e LD não promoveram efeito sobre a viabilidade de ovos, porcentagem de casca e gema, pH e altura do albúmen, unidade de *Haugh*, cor a^* e L^* .

4. Conclui-se que dietas contendo 3.150 Kcal de EM/Kg associadas 1,07% de LD promovem melhor conversão alimentar por massa de ovos produzidos e dietas contendo 2.875 Kcal de EM/Kg combinadas com 1,08% de LD possibilitam melhor conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos e conversão alimentar por consumo de energia metabolizável.

Palavras-chave: Coturnicultura, *Coturnix coturnix japonica*, exigências nutricionais, qualidade de ovo.

Metabolizable energy levels and digestible lysine for Japanese laying quails

ABSTRACT: 1. The objective of this study was to evaluate the effects of metabolizable energy (ME) and digestible lysine (DL) on the diet of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) during their laying on the zootechnical performance, physicochemical quality of egg and economic output of production.

2. A total of 540 172-day-old Japanese quails and body weight of $152 \text{ g} \pm 0.009$ were used in a completely randomized design with 12 treatments in a 3×4 factorial scheme (MS levels: 2,600, 2,875 and 3,150 Kcal ME / Kg of diet, and LD levels: 0.90, 1.05, 1.20, 1.35%), with 5 replicates per treatment and 9 birds per experimental unit. The birds were raised in climatized facilities with a temperature of $22.37^{\circ}\text{C} \pm 3.66$ and feed and water ad libitum. The experimental period comprised 4 productive cycles of 28 days.

3. There was interaction between ME and DL levels for body weight, feed intake, metabolizable energy consumption, digestible lysine feed conversion, bark percentage, bark thickness and profitability index, where diets containing 2,600 Kcal of ME presented a DL estimate of 1.11, 1.13, 1.26, 1.13, 1.14, 1.13 and 1.08%, respectively. ME and DL had independent effect on egg mass, laying percentage, feed conversion in g / egg mass and kg / dz egg, feed conversion by metabolizable energy consumption, egg weight and specific gravity. The ME had an independent effect on the color b *, gross income and operating profit. The levels of ME and DL had no effect on egg viability, bark and yolk percentage, pH and albumen height, *Haugh* unit, color a * and L *.

4. It was concluded that diets containing 3,150 Kcal ME / kg associated with 1.07% LD promoted a better feed conversion by egg mass produced and diets containing 2,875 Kcal ME / kg combined with 1.08% LD allowed better feed conversion by dozen egg produced and feed conversion by metabolizable energy consumption.

Key words: Coturniculture, *Coturnix coturnix japonica*, nutritional requirements, egg quality

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente avanço da coturnicultura, a necessidade de estudos inerentes as suas exigências nutricionais torna-se constantes, por se tratar de uma atividade recente, a literatura tem apresentado recomendações discrepantes quanto as exigências nutricionais para codornas de postura (Murakami e Garcia, 2014; Santos et al., 2016)

Dentre os estudos, a exigência de proteína para codornas tem sido recorrentes, dado a sua capacidade de onerar os custos de produção e contribuir para a poluição ambiental. A formulação de dietas com base na proteína ideal, têm permitido reduzir os quantitativos de proteína bruta, sem que haja escassez ou deficiência de aminoácidos.

Neste contexto, a lisina tem sido estudada como aminoácido referência, permitindo correlacionar a sua exigência com os demais aminoácidos essenciais e não essenciais. A lisina é considerada o segundo aminoácido limitante para aves alimentadas com dietas formulada a base de milho e farelo de soja e tida como terceiro aminoácido limitante para codornas, sua suplementação via aminoácido sintético vem sendo a base de diversos estudos para estimar exigência de lisina, que tem variado entre 0,90 a 1,20% (Costa et al., 2008; Ribeiro et al., 2013; Mehri et al., 2015; Kaur e Mandal, 2015; Lima et al., 2016).

Outro componente nutricional importante para codornas de postura é a energia metabolizável, a qual apenas 20% do seu quantitativo absorvido é destinado a produção, sendo o nível de energia metabolizável na dieta, um importante fator de regulação do consumo e consequentemente modulador da produção. Dietas com alta densidade energética tem apresentado redução no consumo de ração, com conseqüente redução no consumo dos demais nutrientes, refletindo assim na performance zootécnica das aves. As exigências de energia metabolizável para codornas japonesas têm variado entre 2.650 a 3.100 Kcal de EM/Kg de dieta, a depender do objetivo da produção (Freitas et al., 2005; Barreto et al., 2007; Cavalcante et al., 2010; Mehri et al., 2015b; Kaur e Mandal, 2015; Agboola et al., 2016).

O objetivo deste estudo foi estimar os níveis de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas em produção, em função de seu desempenho zootécnico, qualidade interna e externa dos ovos e viabilidade econômica da produção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Animais, Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição de Monogástricos da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Sinop. O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) – UFMT (Protocolo 23108.711669/2015-12) com base nos Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Foram utilizadas 540 codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) com 172 dias de idade e peso corporal de $152 \text{ g} \pm 0,009$ em um delineamento inteiramente casualizado, com 12 tratamentos, 5 repetições e 9 aves por unidade experimental. As aves foram criadas em gaiolas de arame galvanizado (25 cm de largura x 35 cm de profundidade x 18 cm de altura) equipadas com bebedouro tipo taça, comedouro tipo calha e bandeja coletora de excretas em um galpão com temperatura controlada e programa de iluminação de 17 horas por dia (iluminação natural + artificial).

A temperatura ambiente e a umidade relativa do ar foram monitoradas durante todo o período experimental por meio de *data logger* digital com mensurações a cada 1 hora. A temperatura ambiente e umidade relativa do ar observadas durante o período experimental foram de $22,37^{\circ}\text{C} \pm 3,66$ e $66,86\% \pm 6,53$, respectivamente.

Os tratamentos consistiram de níveis de energia metabolizável e lisina digestível na dieta arranjados em esquema fatorial 3×4 (níveis de energia metabolizável = 2.600, 2.875 e 3.150 Kcal/Kg de dieta \times níveis de lisina digestível = 0,90; 1,05; 1,20 e 1,35%).

Dietas Experimentais

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho, farelo de soja e casca de soja considerando as exigências nutricionais de codornas japonesas em postura e a composição química dos alimentos descritos por Rostagno et al. (2011), calculadas de modo a serem isonitrogenadas, isocálcicas e isofosfóricas (Tabela 1).

Os teores de metionina + cistina e treonina digestíveis das dietas foram calculados proporcionais aos níveis de lisina digestível de acordo com o conceito de proteína ideal proposto por Rostagno et al. (2011) para codornas japonesa na produção, correspondendo à relação de lisina:metionina+cistina e lisina:treonina digestíveis de 82 e 60%,

respectivamente. Algumas dietas foram suplementadas com aminoácidos sintéticos (L-Lisina.HCl, DL-Metionina e L-Treonina) em quantidades suficientes para se obter a relação de aminoácidos desejada.

As dietas e água foram fornecidas à vontade durante todo os 112 dias de período experimental (4 ciclos de postura de 28 dias cada).

Desempenho zootécnico

Os ovos foram coletados, contados e classificados diariamente para a determinação da produção total de ovos, produção total de ovos viáveis para comercialização e porcentagem de postura.

O peso médio corporal das aves e o consumo de ração foi determinado pela pesagem dessas variáveis no início e final de cada ciclo.

Foi calculado o consumo de energia metabolizável com base no consumo diário de dieta e da densidade energética da dieta e de lisina digestível com base no consumo diário de dieta e do nível lisina digestível da dieta.

A conversão alimentar (g/massa de ovo) e (Kg/dz de ovos) foi determinada dividindo-se o consumo diário de ração (g), pela massa de ovos produzida diariamente (g) e pelo número de ovos produzidos em dúzias (dz), respectivamente, ambas corrigidas para o peso das aves mortas.

A conversão alimentar de energia metabolizável (Kcal/g de ovo) foi determinada pelo consumo de energia metabolizável dividido pela massa de ovos produzida diariamente (g), respectivamente.

A porcentagem de postura foi determinada dividindo-se o número total de ovos posto por ciclo de cada unidade experimental pelo número total de aves da unidade experimental. Este valor foi dividido pela constante 28 (correspondente a duração do ciclo) e multiplicando-se por 100.

A massa de ovos foi determinada multiplicando-se o peso médio dos ovos pelo total de ovos produzidos por ciclo, dividindo-se por 28. O resultado foi dividido pelo número de aves da unidade experimental, sendo o resultado expresso em gramas/dia.

A porcentagem de ovos viáveis para comercialização foi obtida considerando a razão entre o número total de ovos postos por ciclo descontando-se o número de ovos inviáveis para comercialização (moles, pequenos, bicados, furados ou com formatos irregulares), sobre o número total de ovos produzido, multiplicando-se o resultado por 100.

Tabela 1 Composições percentual e nutricional das dietas experimentais para codornas de postura em fase de produção contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Energia Metabolizável (Kcal/Kg)	2.600				2.875				3.150			
Lisina digestível (%)	0,90	1,05	1,20	1,35	0,90	1,05	1,20	1,35	0,90	1,05	1,20	1,35
Milho	55,610	55,490	55,410	55,360	58,860	59,530	60,210	60,900	52,420	53,070	53,680	54,400
Farelo de soja (45%)	28,710	27,900	26,980	26,000	30,350	29,570	28,690	27,760	31,490	30,740	29,910	28,950
Casca de soja	7,100	7,650	8,2000	8,750	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Óleo de soja	0,000	0,000	0,000	0,000	2,150	1,900	1,650	1,400	7,450	7,210	6,970	6,730
Fosfato bicálcico	1,079	1,087	1,094	1,102	1,090	1,098	1,106	1,117	1,099	1,105	1,113	1,124
Calcário	6,600	6,600	6,590	6,590	6,679	6,680	6,670	6,680	6,670	6,670	6,670	6,670
DL-Metionina (98%)	0,243	0,373	0,503	0,646	0,228	0,356	0,486	0,627	0,235	0,362	0,492	0,632
L-Lisina.HCL (78%)	0,023	0,240	0,457	0,679	0,010	0,228	0,446	0,669	0,000	0,203	0,421	0,645
L-Treonina (98,5%)	0,000	0,024	0,130	0,236	0,000	0,005	0,109	0,214	0,000	0,004	0,108	0,213
Cloreto de sódio	0,325	0,326	0,326	0,327	0,323	0,323	0,323	0,323	0,326	0,326	0,326	0,326
Suplemento mineral + vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
BHT ²	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição nutricional												
Energia metabolizável	2.600	2.600	2.600	2.600	2.875	2.875	2.875	2.875	3.150	3.150	3.150	3.150
Lisina digestível	0,90	1,05	1,20	1,35	0,90	1,05	1,20	1,35	0,90	1,05	1,20	1,35
Proteína bruta	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50
Fibra bruta	4,805	4,940	5,070	5,197	2,627	2,597	2,562	2,525	2,576	2,547	2,514	2,476
Extrato etéreo	2,73	2,73	2,72	2,72	4,80	4,56	4,33	4,09	9,86	9,64	9,41	9,18
Met+cist digestível	0,74	0,86	0,98	1,11	0,74	0,86	0,98	1,11	0,74	0,86	0,98	1,11
Treonina digestível	0,54	0,63	0,72	0,81	0,54	0,63	0,72	0,81	0,54	0,63	0,72	0,81
Ácido Linoléico	1,43	1,43	1,43	1,43	2,52	2,40	2,27	2,15	5,20	5,07	4,95	4,83

¹Suplementação vitamínica/mineral (valores por Kg de ração, segundo níveis de garantia do produto); Vitamina A – 810 UI; Vitamina D3 – 3.000 UI; Vitamina E – 6,00 mg/Kg; Vitamina B1 – 1,05 mg/Kg; Vitamina B2 – 3,00 mg/Kg; Vitamina B6 – 1,80 mg/Kg; Vitamina B12 – 9,00 mcg/Kg; Vitamina K3 – 1,20 mg/Kg; Ácido fólico 0,30 mg/Kg; Biotina 0,03 mg/Kg; Pantotenato de Cálcio – 6,60 mg/Kg; Niacina – 18,0 mg/Kg; Cloreto de Colina – 78,00 mg/Kg; Óxido de Zinco – 90,00 mg/Kg; Sulfato de Ferro – 54,00 mg/Kg; Óxido de Manganês – 105 mg/Kg; Sulfato de Cobre – 8,1 mg/Kg; Sulfato de Cobalto – 210,0 mcg/Kg; Iodato de cálcio – 0,78 mg/Kg; Selenito de sódio – 0,30 mg/Kg; BHT² 1.200 mg/Kg; Etoxiquin 500 mg/Kg; Caulim ²Antioxidante (Butil hidroxi toluene).

Qualidade de ovos

As análises de qualidade dos ovos foram realizadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da UFMT, Campus Universitário de Sinop.

Entre o 23º e 26º dia de cada ciclo, o peso médio dos ovos foi obtido após coleta diária de todos os ovos de cada unidade experimental, os quais foram contados e pesados. Em seguida foram selecionados três ovos de cada repetição com base no peso individual, considerando o peso médio dos ovos ($\pm 10\%$) e identificados, sendo analisados 180 ovos por dia, totalizando 720 ovos por ciclo (60 ovos por tratamento).

Para obtenção da gravidade específica foram elaboradas sete soluções salinas com densidades de 1,050; 1,060; 1,070; 1,080; 1,090; 1,100 e 1,110 (g/cm^3). Os ovos foram colocados sucessivamente nas soluções em ordem crescente até que flutuassem na solução (Castelló et al., 1989) para determinação da densidade dos ovos média para cada repetição.

Posteriormente, os ovos foram quebrados em uma superfície plana de vidro e, com o auxílio de um paquímetro digital, foi mensurada a altura do albúmen para posterior cálculo de Unidade *Haugh* empregando-se a fórmula sugerida por Stadelman & Cotterill (1995).

A colorimetria da gema foi determinada utilizando-se um colorímetro Minolta CR-400, no sistema CIELab, previamente calibrado em superfície branca de acordo com padrões pré-estabelecidos segundo Bible & Singha (1993) e Mutschler et al. (1992).

O pH do albúmen foi avaliado após a separação do albúmen e gema, sendo colocados em béquer devidamente identificados. Foi utilizado medidor de pH com sonda modelo pHmetro PHS-3B, e mensurado o pH diretamente no albúmen.

O peso da gema foi obtido após separar gema e albúmen, a gema foi colocada em béquer e pesada individualmente em balança analítica. Enquanto que a porcentagem de gema foi determinada dividindo-se o peso da gema pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100.

Para determinação do peso do albúmen foram desconsiderados os pesos de gema e casca, restando assim o peso considerado como albúmen e a porcentagem de albúmen foi determinada dividindo-se o peso do albúmen pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100.

As cascas foram devidamente identificadas e secas em estufa à 105°C por aproximadamente 4 horas, logo após essa secagem, as cascas foram transferidas para um dessecador por 30 minutos para o resfriamento e evitar incorporação de umidade do ambiente

(Silva & Santos, 2000). Posteriormente, as cascas foram pesadas em balança analítica modelo Shimadzu (BL3200H), com capacidade de 500 ($\pm 0,001$ g) para obtenção do peso da casca. A porcentagem de casca foi determinada dividindo-se o peso da casca pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100. Em seguida foi determinada a espessura da casca com o auxílio de um micrômetro digital (Mitutoyo®), por meio de três mensurações na região equatorial do ovo e efetuado a média dessas mensurações.

Análise econômica

Foi realizada a análise econômica de produção por meio da receita bruta (RB), lucro operacional (LO) e o índice de lucratividade (IL), adaptado de Martin et al. (1998).

$$RB = Q \times PV$$

em que: RB, representa o valor monetário obtido com a venda da produção, Q é a quantidade produzida de ovos (unidade) e PV é o preço de venda do produto (R\$);

$$LO = RB - CA$$

em que LO é o valor monetário obtido com a venda dos ovos que fica disponível após descontar o custo com alimentação, RB = receita bruta (R\$) e CA = custo com alimentação (R\$);

$$IL = (LO/RB) \times 100$$

em que, IL - indica a taxa disponível de receita após o pagamento do custo com alimentação, LO é o lucro operacional (R\$) e RB é a receita bruta (R\$).

Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do Sistema para Análises Estatísticas – SISVAR (UFLA, 1996), segundo o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + EM_j + LD_i + EMLD_{ij} + e_{ijk}$$

Y_{ijk} = variável medida na unidade experimental k , alimentada com dieta contendo o nível i de energia metabolizável e o nível j de lisina digestível;

μ = média geral;

EM_j = efeito do j -ésimo nível de energia metabolizável: ($E1 = 2.600$; $E2 = 2.875$ e $E3 = 3.150$ Kcal/Kg de dieta);

LD_i = efeito do i -ésimo nível de lisina digestível: ($i = 0,90$; $1,05$; $1,20$; $1,35\%$);

$EMLD_{ij}$ = efeito da interação entre o nível de energia metabolizável e nível de lisina digestível;

e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Os parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância pelo software SISVAR (UFLA, 1996). Os efeitos dos níveis de energia metabolizável foram estimados pelo teste de médias Scott Knott e os níveis de lisina digestível foram estimados pelos modelos de regressão linear e quadrática, conforme o melhor ajustamento obtido para cada variável assumindo o nível de 5% de significância.

3. RESULTADOS

Desempenho zootécnico

Houve interação entre os níveis de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) ($P < 0,05$) sobre o peso corporal (PC), consumo de ração (CR), consumo de lisina digestível (CLD) e consumo de energia metabolizável (CEM) (Tabela 2).

Os incrementos de EM combinados com 0,90 e 1,35% de LD promoveram aumento ($P < 0,05$) no PC (164 g).

Os níveis de LD apresentaram efeito quadrático ($p < 0,05$) sobre o PC, CR, CLD e CEM, quando combinados com 2.600 Kcal de EM/Kg de dieta, promovendo estimativas de maiores PC (160g), CR (27,3g/dia), CLD (330 mg/dia) e CEM (70,9 Kcal/dia) em dietas suplementadas com 1,11, 1,13, 1,26 e 1,13% de LD, respectivamente.

Os níveis de LD quando associados com 3.150 Kcal de EM/Kg de dieta promoveram uma redução linear ($P < 0,05$) no CR e CEM. O nível de 2.600 Kcal de EM/Kg de dieta foi preponderante para resultar no menor CR, CLD e CEM quando associadas com 0,90% de LD e apresentar o maior CR e CLD quando combinados com 1,20% LD na dieta. Além disso, o menor CEM foi observado com a redução do incremento de EM também quando associados aos níveis de 1,05 e 1,35% de LD na dieta.

Os níveis LD combinada com 2.875 e 3.150 Kcal de EM promoveram aumento linear ($P < 0,05$) no CLD.

Houve efeitos independente dos níveis de EM e LD ($P < 0,05$) sobre a massa de ovos (MO), porcentagem de postura (PP), conversão alimentar por massa de ovos produzidos (CAG), conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos (CADZ), conversão alimentar por consumo de energia metabolizável por grama de ovos produzidos (CAEM) (Tabela 3).

Tabela 2. Desdobramento das interações de desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)	LD ² (%)				Equação de regressão	Est. ³	R ²	CV ⁴ (%)	P-valor		
		0,90	1,05	1,20	1,35					EM ⁹	LD ¹⁰	EM*LD ¹¹
PC ⁵ (g)	2.600	148c	155	157	145c	PC= - 150,6125 + 557,25LD - 250,555559LD ²	1,11	0,99	6,21	>0,001	0,246	>0,001
	2.875	156b	159	167	158b	---	---	---				
	3.150	164a	162	161	164a	---	---	---				
CR ⁶ (g/dia)	2.600	23,0b	26,7	27,0a	23,6	CR= - 73,031125 + 176,868500LD - 77,972222LD ²	1,13	1,00	14,6	0,694	0,346	0,001
	2.875	25,1a	24,6	24,6b	25,3	---	---	---				
	3.150	27,1a	25,8	24,2b	24,5	CR = 32,327250 - 6,160333 LD	---	0,82				
CLD ⁷ (mg./dia)	2.600	207b	280	334a	319	CLD = - 1217,018000 + 2459,542333LD-977,766667LD ²	1,26	0,99	15,5	0,854	>0,001	0,004
	2.875	226a	259	302b	342	CLD = - 10,555250 + 260,157333 LD	---	1,00				
	3.150	244a	271	298b	331	CLD = 68,799250 + 162,939667 LD	---	1,00				
CEM ⁸ (Kcal/dia)	2.600	59,8c	69,3b	70,2	61,4b	CEM= -189,848625 + 459,792167LD - 202,694444LD ²	1,13	0,99	14,3	>0,001	0,377	0,001
	2.875	71,6b	70,2b	70,0	72,1a	---	---	---				
	3.150	85,3a	81,2a	76,2	77,3a	CEM = 101,831000 - 19,404667 LD	---	0,82				

¹Energia metabolizável; ²Lisina Digestível; ³Estimativa; ⁴Coefficiente de variação; ⁵Peso Corporal; ⁶Consumo de Ração; ⁷Consumo de Lisina Digestível; ⁸Consumo de Energia Metabolizável; ⁹ Efeito Independente da energia metabolizável; ¹⁰ Efeito independente da lisina digestível; ¹¹ Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Tabela 3. Desempenho produtivo de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)			LD ² (%)				Equação de regressão	Est. ³	R ²	CV ⁴ (%)	P-valor		
	2.600	2.875	3.150	0,90	1,05	1,20	1,35					EM ¹¹	LD ¹²	EM*LD ¹³
MO ⁵ (g/dia)	7,50c	8,52b	9,36a	7,81	8,43	8,70	8,91	MO= - 41,222500 + 90,307000LD - 40,722222LD ²	1,11	0,98	24,3	>0,01	0,023	0,082
PP ⁶ (%)	65,1b	73,3b	79,5a	67,8	72,3	74,1	76,2	PP= -320,460125 + 710,200833LD - 319,583333LD ²	1,11	0,99	22,1	>0,001	0,033	0,072
CAG ⁷ (g/massa de ovos)	3,71b	3,02b	2,78a	3,17	3,05	3,00	3,47	CA = 19,806650 - 30,835967LD + 14,374444LD ²	1,07	0,98	27,5	>0,001	0,018	0,069
CADZ ⁸ (kg/Dz ovo)	0,39b	0,42a	0,50a	0,44	0,43	0,41	0,47	CADZ = 2,514825 - 3,834000LD + 1,780000LD ²	1,08	0,99	25,8	>0,001	0,032	0,105
CAEM ⁹ (Kcal EM/g ovo)	9,65b	8,61a	8,77a	9,00	8,72	8,52	9,81	CAEM = 28,940208 - 37,747278LD + 17,420370LD ²	1,08	0,89	26,2	0,012	0,018	0,079
OV ¹⁰ (%)	97,8	97,9	98,1	97,9	98,2	97,9	97,7	---	-	-	1,81	0,656	0,474	0,161

¹Energia metabolizável; ² Lisina Digestível; ³ Estimativa; ⁴ Coeficiente de variação; ⁵ Massa de Ovos; ⁶ Porcentagem de Postura; ⁷ Conversão Alimentar em gramas de dieta por massa de ovos produzidos; ⁸ Conversão alimentar quilogramas de dieta por dúzia de ovos produzidos; ⁹ Conversão alimentar de Energia metabolizável; ¹⁰ Ovos viáveis para comercialização. ¹¹Efeito Independente da energia metabolizável; ¹²Efeito independente da lisina digestível; ¹³Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Os níveis de EM promoveram diferença ($P < 0,05$) na MO, PP, CAG, CADZ e CAEM apresentando maior MO e PP e melhor CAG observadas em dietas contendo 3.150 Kcal de EM enquanto que a melhor CADZ e CAEM foram observadas em dietas que continham a partir de 2.875 Kcal de EM/Kg de dieta.

O aumento dos níveis de LD promoveram efeito quadrático sobre a MO, PP, CAG, CADZ e CAEM ($P < 0,05$), apresentando estimativa de maior MO (8,84g/dia) e PP (74,10%) com suplementação de 1,11% de LD. Enquanto que as melhores CAG, CADZ e CAEM foram observados com dietas contendo 1,07, 1,08 e 1,08% de LD, respectivamente.

Os níveis de EM e LD não promoveram efeito ($P > 0,05$), sobre a porcentagem de ovos viáveis para comercialização (OV).

Qualidade físico-química dos ovos de codornas

Houve interação entre os níveis de EM e LD ($P < 0,05$) sobre a porcentagem de casca (PCA) e espessura de casca (EC) (Tabela 4).

Os incrementos da EM quando combinados com níveis de 0,90% de LD proveram a maior PCA, resultado inverso foi observado com o nível de 1,35% de LD que apresentou a menor PCA com o incremento da EM.

A associação entre os níveis de 2.600 e 3.150 Kcal de EM com o aumento dos níveis de LD apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) para a PCA, estimando as maiores PCA (7,93 e 7,63%) com dietas suplementadas com 1,14 e 1,09% de LD, respectivamente.

O aumento dos níveis de EM promoveram melhoras na EC ($P < 0,05$) quando associados aos níveis de 0,90, 1,20 e 1,35% de LD.

Houve efeito quadrático da LD ($P < 0,05$) em função da EC, apresentando estimativa de maior EC (0,25mm) com 1,13% de LD em dietas contendo 2.600 Kcal de EM. Os níveis de LD associada com nível de 2.875 Kcal de EM/ Kg de dieta promoveram aumento linear ($P < 0,05$) na EC.

Houve efeito dependente dos níveis de EM e LD ($P < 0,05$), sobre o peso do ovo (PO) e gravidade específica (GE) (Tabela 5)

O incremento dos níveis de EM promoveram diferenças no PO ($P < 0,05$), onde os maiores PO foram observados com a suplementação a partir de 2.875 Kcal de EM/Kg de dieta. O aumento dos níveis de LD reduziu linearmente ($P < 0,05$) o PO.

Os níveis de EM promoveram diferenças sobre a GE ($P < 0,05$), em que a maior GE foi observada em dietas contendo 3.150 Kcal de EM. Os níveis de LD apresentou efeito quadrático para GE ($P > 0,05$), com maior GE ($1,08 \text{ mg/cm}^3$) obtida a partir da estimativa de 1,13% de LD na dieta.

Os níveis de EM e LD não promoveram efeito ($P > 0,05$) sobre a porcentagem de albúmen (PA), porcentagem de gema (PG), pH do albúmen (pH), altura do albúmen (AA) e unidade *Haugh* (UH) (Tabela 5).

Tabela 4. Desdobramento das interações da qualidade físico-química dos ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)	LD ² (%)				Equação de regressão	Est. ³	R ²	CV ⁴ (%)	P-valor		
		0,90	1,05	1,20	1,35					EM ⁷	LD ⁸	EM*LD ⁹
PCA ⁵ (%)	2.600	7,50b	7,88	7,9	7,60a	PC = - 1,879125 + 17,228833LD - 7,561111LD ²	1,14	1,00				
	2.875	7,50b	7,88	8,02	7,71a	---	---	---	4,91	0,003	>0,001	0,002
	3.150	7,91a	7,90	8,07	7,10b	PC = 3,0427125 + 8,441833LD - 3,883333LD ²	1,09	0,61				
EC ⁶ (mm)	2.600	0,23b	0,24	0,24b	0,25b	EC = - 0,057375 + 0,539167LD - 0,238889LD ²	1,13	0,88				
	2.875	0,24b	0,25	0,25a	0,25a	EC = 0,218750 + 0,024667 LD	---	0,78	5,4	>0,001	0,012	0,026
	3.150	0,25a	0,25	0,25a	0,25a	---	---	---				

¹Energia metabolizável; ²Lisina Digestível; ³Estimativa; ⁴Coefficiente de variação; ⁵Peso da Casca; ⁶Espessura da Casca; ⁷Efeito Independente da energia metabolizável; ⁸Efeito independente da lisina digestível; ⁹Efeito de Interação.. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Tabela 5. Qualidade físico-química dos ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)			LD ² (%)				Equação de regressão	Est. ³	R ²	CV ⁴ (%)	P-valor		
	2.600	2.875	3.150	0,90	1,05	1,20	1,35					EM ¹²	LD ¹³	EM*LD ¹⁴
PO ⁵ (g)	11,41b	11,61a	11,74a	11,62	11,67	11,6	11,45	PESO = 12,018417 - 0,385667LD	---	0,59	4,10	>0,001	0,065	0,500
PA ⁶ (%)	61,01	61,19	61,18	61,49	61,08	60,95	60,99	---	---	---	2,30	0,669	0,136	0,418
PG ⁷ (%)	31,27	30,91	30,92	30,84	31,03	31,06	31,2	---	---	---	4,10	0,134	0,487	0,768
GE ⁸ (g/cm ³)	1,076c	1,078b	1,080a	1,076	1,079	1,079	1,078	GE = 1,030208 + 0,082833 LD - 0,035185LD ²	1,18	0,95	0,34	>0,001	>0,001	0,056
pH ⁹	8,82	8,79	8,81	8,81	8,8	8,81	8,81	---	---	---	1,19	0,389	0,949	0,165
AA ¹⁰ (mm)	4,67	4,69	4,67	4,68	4,70	4,64	4,68	---	---	---	6,17	0,885	0,759	0,464
UH ¹¹	90,61	90,54	90,32	90,47	90,56	90,3	90,63	---	---	---	1,72	0,481	0,68	0,414

¹Energia metabolizável; ² Lisina Digestível; ³ Estimativa; ⁴ Coeficiente de variação; ⁵ Peso do Ovo; ⁶ Porcentagem de Albúmen; ⁷ Porcentagem de gema; ⁸ Gravidade específica; ⁹ pH do albúmen; ¹⁰ Altura do albúmen; ¹¹ Unidade de *Haugh*. ¹² Efeito Independente da energia metabolizável; ¹³ Efeito independente da lisina digestível; ¹⁴ Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Análise colorimétrica

Houve efeito da EM ($P < 0,05$) sobre a Cor b*, em que o maior valor foi obtido com dietas contendo 3.150 Kcal de EM (Tabela 6). Os níveis de EM não promoveram efeitos ($P > 0,05$) sobre as Cores a* e L*. Os níveis de LD não apresentaram efeito ($P > 0,05$) sobre as variáveis em estudo.

Tabela 6. Colorimetria da gema de ovos de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)			LD ² (%)				CV ³ (%)	P-valor		
	2.600	2.875	3.150	0,90	1,05	1,20	1,35		EM ⁴	LD ⁵	EM*LD ⁶
Cor a*	-2,67	-2,89	-2,92	-2,83	-2,88	-2,87	-2,7	-51,1	0,493	0,933	0,964
Cor b*	38,8b	38,9b	39,6a	39,2	39,2	38,9	39,3	4,9	0,022	0,621	0,291
Cor L*	55,2	54,8	54,6	54,7	54,8	54,6	55,2	5,5	0,446	0,667	0,220

¹Energia metabolizável; ² Lisina Digestível; ³ Coeficiente de variação. ⁴Efeito Independente da energia metabolizável; ⁵Efeito independente da lisina digestível; ⁶Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Análise econômica da produção

Houve interação entre os níveis de EM e LD ($P < 0,05$) sobre o índice de lucratividade (IL). Os níveis de LD associadas com 2.600 Kcal de EM/Kg de dieta, promoveram um efeito quadrático apresentando maior IL (65,7%) com a estimativa de 1,08% de LD na dieta. (Tabela 7).

O incremento de EM na dieta influenciaram a renda bruta (RB) e lucro operacional (LO) ($P < 0,05$), para ambas variáveis os maiores lucros foram observados em dietas contendo a partir de 2.875 Kcal de EM. A LD não apresentou efeito ($P > 0,05$) sobre a RB e LO (Tabela 8).

Tabela 7. Desdobramento das interações da análise econômica da produção de codornas japonesas em produção alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)	LD ² (%)				Equação de regressão	Est. ³	R ²	CV ⁴ (%)	P-valor		
		0,90	1,05	1,20	1,35					EM ⁶	LD ⁷	EM*LD ⁸
IL ⁵	2.600	57,9	63,9	62,5a	53,2	IL = - 93,151125 + 294,514833 LD - 136,472222 LD ²	1,08	0,94	15,2	0,114	0,026	0,018
	2.875	63,2	60,7	59,5a	58,0	---	---	---				
	3.150	61,4	86,0	54,3b	59,0	---	---	---				

¹Energia metabolizável; ² Lisina Digestível; ³Estimativa; ⁴Coefficiente de variação; ⁵Índice de Lucratividade. ⁶Efeito Independente da energia metabolizável; ⁷Efeito independente da lisina digestível; ⁸Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

Tabela 8. Análise econômica da produção de codornas japonesas criadas em ambiente termoneutro e alimentadas com dietas contendo níveis de energia metabolizável e lisina digestível.

Variável	EM ¹ (Kcal/Kg)			LD ² (%)				CV ³ (%)	P-valor		
	2.600	2.875	3.150	0,90	1,05	1,20	1,35		EM ⁶	LD ⁷	EM*LD ⁸
RB ⁴	0,59b	0,70a	0,72a	0,66	0,67	0,70	0,63	20,7	>0,001	0,096	0,118
LO ⁵	0,36b	0,43a	0,43a	0,42	0,42	0,42	0,38	31,2	>0,001	0,169	0,236

¹Energia metabolizável; ² Lisina Digestível; ³ Coeficiente de variação; ⁴ Renda Bruta; ⁵ Lucro Operacional. ⁶Efeito Independente da energia metabolizável; ⁷Efeito independente da lisina digestível; ⁸Efeito de Interação. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott.

4. DISCUSSÃO

A interação entre os níveis de EM e LD sobre o peso corporal pode ser explicada pela capacidade dessas duas variáveis independentes em promover a o armazenamento de reservas corporais e deposição de tecidos no organismo do animal, respectivamente. De acordo com Costa et al. (2008), a lisina promove deposição de proteína no tecido animal o que contribui para o ganho de peso.

Ao avaliarem os efeitos da energia metabolizável (3.000 a 3.200 Kcal de EM/Kg de dieta) e lisina digestível (1,05 a 1,29%) em dieta de frangos de corte com 21 dias de idade, concluíram que a LD e EM promoveram aumento linear no PC das aves (Plumstead et al., 2008).

Em estudos realizados por Pinto et al. (2003), avaliando codornas japonesas em produção, com 49 dias de idade e suplementadas com diferentes níveis de LD na dieta (0,80 a 1,30%) e 2.900 Kcal de EM/Kg de dieta, e não observaram efeitos significativos no peso final de codornas em função da suplementação de LD.

A interação entre EM e LD sobre o CR pode estar relacionado a capacidade da ave em modular o consumo para atender as demandas de EM e LD. O efeito quadrático da LD observado com 2.600 Kcal de EM conduz ao entendimento que a LD também pode regular o consumo de ração, podendo esta premissa ser reforçada por meio da redução linear do CR em função da LD em dietas contendo 3.150 Kcal de EM.

O aumento no CR à medida que tornou-se mais energéticas as dietas pode está relacionado ao PC das aves, uma vez que a relação CR:PC permaneceram semelhantes entre os tratamentos. Outro fator que pode ter influenciado o CR é o menor teor de fibra bruta nas dietas mais energéticas, a qual pode ter reduzido o efeito de distensão do trato gastrointestinal e consequentemente possibilitado um maior consumo de ração.

Vários estudos têm sido realizados avaliando essas variáveis independentes de maneira separada, como Castiblanco (2017), que trabalhando com codornas japonesas da linhagem Vicami®, com 16 semanas de idade, suplementadas com níveis de EM (1.500 a 3.200 Kcal/Kg), observou uma redução no CR à medida que se aumentou a densidade energética da ração para codornas japonesas em fase de produção.

Ao avaliarem diferentes níveis de EM (2.750 a 3.050 Kcal e EM/Kg de deita) em aves de postura com 30 semanas de idade, Kang et al. (2018), observaram uma redução linear no CR à medida que se incrementou os níveis de EM aparente da dieta.

Trabalhando com codornas japonesas em produção (40 a 100 dias de idade), suplementadas com níveis crescentes de LD (0,88 à 1,18%) em dietas contendo 2.800 Kcal de EM/Kg, não observou-se efeitos significativos no CR (Lima et al., 2016).

Segundo Shahir et al. (2006), trabalhando com galinhas poedeiras entre as 26 e 42 semanas de idade, suplementadas com níveis de lisina (0,62 a 0,94%), observaram haver diferença no CR das aves, com menor consumo observado no nível de 0,94% de LD.

Efeitos semelhantes foram observados por Costa et al. (2008), trabalhando com codornas japonesas em postura, com 97 dias de idade, suplementadas com níveis de LD (0,88 a 1,20%) com rações contendo 2.850 Kcal de EM/Kg de dieta, em que observaram redução do CR em função dos incrementos de LD.

O efeito quadrático da LD em dietas contendo 2.600 Kcal de EM sobre o CDL, pode conduzir ao entendimento que o aumento dos níveis de LD a partir de 1,26% reduz o consumo desta variável. O aumento linear do CLD em dietas com 2.875 e 3.150 Kcal de EM pode estar relacionada ao aumento da densidade de lisina nestas dietas, o que proporciona maiores consumo.

Estudos conduzidos por Demuner (2012), corroboram com os observados no presente ensaio, este trabalhando com codornas japonesas com 84 dias, suplementadas com níveis de LD (0,83 a 1,23%), com dietas contendo 2.900 Kcal de EM/Kg de dieta, constatou efeito linear crescente nos incrementos dos níveis de LD em função do CLD (mg/dia), observando um consumo de 310,05mg/dia de LD, valores semelhantes aos observados no presente estudo.

É possível que o CEM estejam relacionados ao CR tendo em vista que os efeitos estatísticos observados foram os mesmos. Neste contexto, o aumento no CEM pode está relacionado ao adensamento da energia nas dietas, possibilitando assim um maior aporte deste componente nutricional.

Estudos realizados por Kang et al. (2018), que ao trabalharem com diferentes níveis de EM (2.750 a 3.050 Kcal de EM) na dieta de galinhas de postura com 33 semanas, observaram um aumento linear no consumo de Em função dos incrementos de EM da dieta.

Entretanto, os efeitos observados neste estudo são contrários aos relatados por Cavalcante et al. (2010), que não observaram efeito significativo no CEM de codornas japonesas com 16 semanas de idade alimentadas com dietas contendo níveis de EM (2.500 a 3.100 Kcal de EM/Kg de dieta).

O aumento da MO com os incrementos de EM possibilitam confirmar a premissa que o aumento no consumo de EM promove aumento na MO, este aumento pode estar relacionado ainda a PP, a qual apresentou o mesmo efeito para EM.

Efeitos semelhantes foram reportados por Li et al. (2013), que observaram aumento na MO de poedeiras Lohmann Brown alimentadas com dietas contendo níveis de EM (2.400 a 2.2850 Kcal de EM) e proteína bruta (14,5 a 17,5) à medida que se aumentou os níveis de EM.

Resultados divergentes foram observados por Freitas et al. (2005), trabalhando com codornas japonesas em produção, com 64 dias de idade, submetidas a dietas contendo diferentes níveis de EM (2.585 e 2.885 Kcal de EM/Kg de dieta) e níveis de PB (16 a 22%), em que constataram efeito linear decrescente do incremento dos níveis de EM, sobre a massa de ovos, reduzindo em 0,0002 g.ovo/dia, resultados semelhantes a estes foram reportados por Cavalcante et al. (2010).

Entretanto, Moura et al. (2008), não observaram efeitos significativos com a modificação da densidade energética na MO. Possivelmente a ausência de efeitos se deve ao diferencial de sua pesquisa, a qual manteve a relação entre EM:Nutrientes constantes.

Ribeiro et al. (2014), observaram um aumento linear na massa de ovos de poedeiras leves alimentadas com crescentes níveis de EM na dieta (2.700 a 3.000 Kcal de EM/Kg de dieta).

Lima et al. (2016), observaram aumento linear na MO em codornas em produção alimentadas com dietas com 2.800 de EM/Kg de dieta, combinadas com níveis de LD (0,88 a 1,28%). Em contrapartida Pinto et al. (2003), concluíram que o nível de 1,12% de LD foi suficiente para promover a maior massa de ovos observada, semelhante aos resultados do presente estudo.

Os efeitos da LD sobre a PP também foram observados por Costa et al. (2008), que estimaram a maior produção de ovos com dietas suplementadas com 1,03% de LD obtendo assim a melhor taxa de postura.

A implicação da EM sobre a CAG, CADZ e CAEM conduzem ao entendimento que, ao incrementar os níveis de EM na dieta há uma melhoria na conversão alimentar, dado a capacidade da ave em mobilizar energia e a energia líquida excedente ser destinada para produção.

Os melhores valores de CAG, CADZ e CAEm função da estimativa de suplementação de 1,07, 1,08 e 1,08% de LD, respectivamente, demonstraram que os níveis de LD suplementados foram eficientes para atender as exigências para o máximo desempenho das aves em função dessas variáveis. Nessas condições, a LD pode ter auxiliado no metabolismo proteico, proporcionando a deposição de proteína nos ovos.

Em estudos conduzidos por Pinto et al. (2003), constataram estimativa de melhor conversão alimentar (g/g) foi obtida com a suplementação de 1,05% de LD. Essas estimativas

podem ser consideradas semelhantes com a relatada no presente estudo. Resultados similares também foram postulados por Ribeiro et al. (2013), em que observaram estimativa de 1,12% de LD para a melhor conversão alimentar (Kg/Kg).

Já Mehri et al. (2015), avaliando os níveis de LD (0,84 a 1,59%) em codornas japonesas durante o período de crescimento, estimaram exigência de 1,23 e 1,25% de LD com base na CA (g/g) aos 21 e 35 dias de vida, respectivamente.

Em contrapartida, Ribeiro et al. (2003), avaliaram a exigência nutricional de codornas japonesas em produção com 60 dias de idade suplementadas com diferentes níveis de LD (0,80 a 1,40%) e níveis de proteína bruta (20 e 23%) e não observaram efeitos significativos para LD sob a conversão alimentar (g/g e Kg/dz).

Em estudos conduzidos por Cavalcante et al. (2010), relataram efeito linear decrescente da energia metabolizável para conversão alimentar (g/g e Kg/dz) para codornas japonesas em produção. Os resultados apresentados por este corroboram com os observados no presente estudo.

Os níveis de LD e EM não promoveram efeito sobre a viabilidade dos ovos, este resultado por sua vez pode ser considerado importante indicativo que as aves durante o período de produção mantiveram constante a viabilidade destes, não modificando a quantidade de ovos impróprios para comercialização (bicados, trincados ou moles). Tal comportamento pode está diretamente relacionado com as condições ambientais em que as aves foram submetidas, uma vez que o ambiente termoneutro proporciona melhores condições para a produção de ovos, não favorecendo alterações metabólicas que interferem na viabilidade final dos ovos.

Uma das condições em que a viabilidade dos ovos tende a ser reduzida é em decorrência da alcalose respiratória que aumenta a mobilização de minerais, reduzindo concomitantemente os quantitativos destes na produção de ovos (Furlan & Macari, 2002). Além disso, o estresse causado por altas temperaturas promove uma antecipação na postura, o que pode oportunizar a ocorrência de ovos moles. Tais comportamentos não foram observados no presente estudo, visto que o mesmo foi realizado em ambiente termoneutro.

A densidade de aves também é outro fator que pode interferir na viabilidade de ovos, uma vez que em quantidades elevadas estas podem expressar estereotípias como o hábito de bicar o ovo, o que promove uma redução na viabilidade de ovos, o que também não foi verificado no presente estudo.

Em estudos realizados por Ribeiro et al. (2013), trabalhando com codornas japonesas com 207 dias de idade, alimentadas com dietas contendo níveis de LD (0,95 a 1,20%) e Reis

(2013), avaliando codornas japonesas com 35 semanas de idade suplementadas com dietas contendo LD (0,95 a 1,20%), não observou diferenças significativas entre os níveis de LD em função do número de ovos viáveis para comercialização. Os resultados observados no presente estudo corroboram com os observados pelos autores.

Os resultados observados para PCA e EC corroboram com os observados por Santos et al. (2014), que observaram diferenças médias significativas no PCA e EC em ovos de galinhas de postura semipesadas alimentadas com dietas isoenergéticas (2.800 Kcal de EM), isonitrogenada (14% de proteína bruta) e níveis de LD (0,60 a 0,90%).

O efeito da EM sobre o PO era esperado tendo em vista que dietas com maior densidade energética tendem a aumentar o PO. Sobre esse comportamento Pinto et al. (2003), afirmaram que este aumento demonstra a habilidade da ave em mobilizar a energia consumida para incremento em produção, assegurando assim a sua capacidade produtiva.

Resultados semelhantes aos reportados neste ensaio foram postulados por Castiblanco (2017), em que observou efeito linear crescente para energia metabolizável em função do peso do ovo, em seu estudo este identificou um platô em 2.820 Kcal de EM/Kg de dieta, não havendo a partir desse ponto ganhos significativos em massa de ovo.

Entretanto, Freitas et al. (2005), Barreto et al. (2007a) e Cavalcante et al. (2010), observaram efeito linear decrescente dos níveis de EM para o peso do ovo (g), o que contradiz os resultados constatados no presente estudo. Porém os autores atribuíram este comportamento à possibilidade do consumo reduzido de ração ocasionado pelo aumento da densidade energética da dieta, promovendo uma redução no consumo dos demais nutrientes.

Estudos realizados por Moura et al. (2010), avaliando codornas japonesas com 76 dias de idade, suplementadas com níveis de EM (2.900 a 2.500 Kcal de EM/Kg de dieta), mantendo-se constante a relação EM:Nutrientes, não observaram efeitos significativos dos níveis de EM para o peso do ovo (g).

Efeitos contrários aos observados no presente estudo em relação a redução linear do PO em função dos incrementos de LD foram relatados por Pinto et al. (2003), em que observaram efeito linear crescente dos níveis de LD em função do PO (g). Ribeiro et al., (2013), verificaram estimativa de máximo PO obtido com a suplementação de 1,12% de LD. Outros autores (Ribeiro et al., 2003; Costa et al., 2008), não observaram diferenças médias significativas dos níveis de LD em função do peso do ovo (g).

O aumento da GE em função dos níveis de EM, pode estar relacionada a maior capacidade da ave em mobilizar energia para os processos de formação do ovo, conforme

citado anteriormente, a EM possui a capacidade de modular a qualidade do produto, logo esta pode ser uma das respostas em termos de qualidade.

Em estudos realizados por Moura et al. (2010), observaram diferença média significativa para a gravidade específica de ovos de codornas japonesas alimentadas com diferentes densidades energéticas. Em contrapartida, Costa et al. (2008) e Reis (2013), não observaram diferença média significativa na gravidade específica em função dos níveis de LD.

A ausência de diferença significativa nos demais parâmetros de qualidade físico-química dos ovos de codornas, em principal o pH do albúmen e UH podem ser explicado considerando que as análises dessas variáveis foram realizadas em espaço de tempo demasiadamente curto, em função do período pós-postura, não houve tempo hábil para que ocorresse a degradação destas características.

Segundo Brandão (2014), o pH do albúmen é o principal fator que modifica a qualidade interna do ovo, à medida que o ovo envelhece. Essa perda de dióxido de carbono (CO₂) ocorre em qualquer método ou processo de conservação, mas é acelerada quando o armazenamento ocorre em temperatura elevada.

De acordo com Santos et al. (2016), a Unidade *Haugh* consiste em um parâmetro utilizado para expressar a qualidade do albúmen, a qual está correlacionada com a altura deste, bem como com sua densidade, logo, quanto maior for a Unidade *Haugh*, melhor será qualidade do ovo.

Segundo relatos de Oliveira et al. (2007), a intensidade de cor das gemas, decorrente da incorporação de xantofilas, principalmente luteína e zeaxantina presentes no milho, é dependente dos níveis de inclusão do milho amarelo nas dietas de codornas poedeiras. Fato que pode explicar a ocorrência da intensificação da cor da gema, em função dos incrementos dos níveis de EM.

O efeito quadrático da LD sobre o IL em dietas contendo 2.600 Kcal de EM, pode estar associado ao custo inerente a suplementação deste aminoácido na dieta que apesar de ser considerado viável, pode reduzir a margem de lucro. Aliado a este fato, tem-se a menor PP observada em dietas com 2.600 Kcal de EM, fazendo com que a receita da produção seja menor.

O efeito da EM sobre a RB e LO pode ser atribuído ao fato da EM promover aumento na a porcentagem de postura (PP) durante o período em estudo, o que oportunizou uma maior receita.

Conclui-se que dietas contendo 3.150 Kcal de EM associadas 1,07% de LD promovem melhor conversão alimentar por massa de ovos produzidos e dietas contendo 2.875 Kcal de EM combinadas com 1,08% de LD possibilitam melhor conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos e por kcal de EM consumida por grama de ovos produzidos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barreto, S.L.T., B.J.S. Quirino, C.O. Brito, R. T. Umigi, M.S. Araújo, J.S.R. Coimbra, E.E.G. Rojas, J.F. Freitas, R.S. Reis. 2007. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. **R. Bras. de Zootec.** 36(1): 79-85. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v36n1/a10v36n1.pdf>
- Bible, B. B.; Singha, S. 1993. Canopy position influences cielab coordinates of peach color. **Hortscience**, 28: 992-993.
- Brandão, Mariza Dinah Manes. 2014. Efeito da armazenagem na qualidade de ovos, com e sem anormalidades do ápice da casca, produzidos por galinhas naturalmente infectadas por *Mycoplasma synoviae*. **Dissertação**. Universidade Federal Fluminense.
- Castelló, J.A.L.; Pontes, M.; Gonzalez, F.F. 1989 **Producción de huevos**. Escuela de Avicultura, Barcelona: Real.
- Castiblanco, Diana Maryuri Correia. 2017. Respostas de codornas em produção a diferentes níveis de energia na meta. **Tese**. Universidade Estadual Paulista.
- Cavalcante, L.E., F.G.P. Costa, R.C. Lima, L.S. Dantas, G.B.V. Lobato, V.P. Rodrigues, C.S. Santos, J.G. Vidal Junior. 2010. Determinação da relação energia metabolizável e proteína bruta sobre o desempenho de codornas japonesas em fase de produção. **Rev. Cient. prod. Anim.** 12 (2):166-168. DOI: <http://dx.doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v12n2p166-168>
- Costa, F.G.P, V.P. Rodrigues, C.C. Goulart, R.C. Lima Neto, J.G. Souza, J.H.V. Silva. 2008. Exigência de lisina digestível para codornas japonesas em produção. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 37 (12): 2136-2140. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v37n12/09.pdf>
- Demuner, Leandro Felix. 2012. Níveis nutricionais de lisina e metionina mais cistina digestível com base no conceito de proteína ideal para codornas em postura. **Dissertação**. Universidade Federal do Espírito Santo.
- Freitas, A.C., M.F.F. Fuentes, E.R. Freitas, F.S. Sucupira, B.C.M Oliveira. 2005. Efeitos de níveis de proteína bruta e energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de codornas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia.** 34 (3): 838-8346. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v34n3/a15v34n3.pdf>
- Furlan, R.L., M. Macari. 2012. Termorregulação. In: **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2 ed. Jaboticabal (SP): FUNEP/UNESP.
- Kang, H.K.; Bok, P.S.; Jeon, J.J.; Kin, H.S.; Tae, P.K.; Kin, C.H.; Honh, E.C. and Ki., C.H. 2018. Effect of increasing levels of apparent metabolizable energy on laying hens in barn system. **Asian-Australasian Association of Animal Production Societies**. DOI: <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0846>.

- Kaur, S. and Mandal, A.B.. 2015. The performance of Japanese Quail (White Breasted Line) to dietary energy and amino acid levels on growth and imuno-competence. **Journal of Nutrition e Food Sciences**. 4. DOI: 10.4172/2155-9600.1000390.
- Li, F.; Zhang, L.M; Wu, X.H; Li, C.Y.; Yang; X.J.; Dong, Y.; Lemme, A.; Han, J.C. and Yao, J.H. 2013. Effects of metabolizable energy and balanced protein on egg production, quality, and components of Lohmann Brown laying hens. **Poultry Science**. 22. DOI: <http://dx.doi.org/10.3382/japr.2012-00568>.
- Lima, H.J.D.; Barreto, S.L.T.; Donzele, J.L.; Souza, G.S.; Almeida, R.L.; Tinoco, I.F.F. and Albino, L.F.T. 2016. Digestible lysine requirement for growing japanese quails. **Poultry Science**. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3382/japr/pfw030>.
- Martin, N. B., R. Serra, M.D.M. Oliveira, J.A. Ângelo, H. Okawa. 1998. Sistema "CUSTAGRI": sistema integrado de custos agropecuários Informações Econômicas, Piracicaba 28: 4-7.
- Mehri, M.; Kasmani, F.B.; Asghari-Moghadam, M. 2016. Estimation of lysine requirements of growing Japanese quail during the fourth and fifth weeks of age. **Poultry Science**. 94. DOI: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev153>.
- Moura, G.S., L.S.T. Barreto, J.L. Donzele, L.R. Hosoda, G.M. Pena, M.S. Angeline. 2008. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37 (9): 1628-1633. DOI: 10.1590/S1516-35982008000900015.
- Moura, G.S., S.L.T. Barreto, E.A. Lanna. 2010. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39(6): 1266-1271. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n6/15.pdf>
- Murakami, E.E.; Garcia E. R.M. Nutrição de codornas japonesas. 2014. In: Sakamura, N.K.; Silva, J.H.V.; Costa, F.G.P et al.. 2014. **Nutrição de Não Ruminantes**. Jaboticabal: Funep.
- Mutschler, M. A.; Wolfe, D. W.; Cobb, E. D.; Yourstone, K. S. 1992. Tomato fruit-quality and shelf-life in hybrids heterozygous for the alc ripening mutant. **Hortscience** 27: 352-355.
- Oliveira, N.T.E, J.B. Fonseca, R.T.R.N. Soares, K.S Ferreira, J.T.L. Thiébaud. 2007. Pigmentação de gemas de ovos de codornas japonesas alimentadas com rações contendo colorífico. **Ciênc. Agrotec.** 31(5): 1525-1531. URL: <http://www.scielo.br/pdf/cagro/v31n5/38.pdf>
- Pinto, R., A.S. Ferreira, J.L. Donzele, M.A. Silva, R.T.R.N. Sorares, G.S. Custódio, K.S. Pena. 2003. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 32(5): 1182-1189. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n5/17901.pdf>
- Plumstead, P.W; Romero-Sanchez, H.; Paton, N. D.: Spears, J. W. and Brake, J. 2007. Effects of Dietary Metabolizable Energy and Protein on Early Growth Responses of Broilers to Dietary Lysine. **Poultry Science**. DOI: 10.3382/ps.2007-00168.

- Reis, Renata Souza. 2013. Relação isoleucina:lisina e níveis de lisina na ração de codornas japonesas em postura. Tese. Universidade Federal de viçosa.
- Ribeiro, C.L.N.; Barreto, S.L.T.; Reis, R.S.; Muniz, J.C.L.; Donzele, J.L.; Gomes, P.C; Vargas Junior, J.G.; Albino, L.F.T.. 2013. Digestible lysine levels in diets for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 42 (7). DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982013000700005>.
- Ribeiro, M.L.G., J.H.V Silva, M.O. Dantas, F.G.P. Costa, S.F. Oliveira, J. Jordão Filho, E.L. Silva. 2003. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a em produção, em função do nível de proteína na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 31 (1): 156-161. URL: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v32n1/16088.pdf>
- Ribeiro, P.A.P; Matos Junior, J.P; Lara, L.J.C.; Araújo, L.; Albuquerque, R. and Baião, N.C. 2014. Effect of Dietary Energy Concentration on Performance Parameters and Egg Quality of White Leghorn Laying Hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 16 (4), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1604381-388>.
- Rostagno, H.S, L.F.T. Albino, J.L. Donzele, P.C. Gomes, F.R. Oliveira, D.C. Lopes, A.S. Ferreira, L.S.T. Barreto, F.R Euclides. 2011. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. UFV.
- Santos, G.C.; Garcia, E.A.; Vieira Filho, J.A.; Molino, A.B; Pelícia, K. and Berto, D.A.. 2016. Performance of Japanese quails fed diets with low-protein and isoleucine. **Acta Scientiarum Animal Science**. 36 (2). DOI: 10.4025/actascianimsci.v38i2.29533.
- Santos, J.S., L. Galvão-Maciél, V.N.C Seixa, J.A. Araújo. 2016. Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (*Coturnix coturnix japônica*) em função das características de armazenamento. **Revista Desafios**. 03 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2016v3n1p54>
- Santos, T.A.; Geraldo, A.; Machado, L.C.; Pelícia, k.; Simão, S.D.; Vieira Filho, J.A.. 2014. Digestible lysine levels for laying hens and their effects on egg quality. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 6 (1). DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.21823>.
- Shair, M. H.; Shariatmadari, F.; Mirhadi, S.A. and Chwalibog, A. 2006. Determination of lysine requirement of laying hen using serum biochemical indicators. **European Poultry Science**.
- Silva, J.H.V. e V.J. Santos. 2000. Efeito do carbonato de cálcio na qualidade da casca de ovos durante a muda forçada. **Revista Brasileira de Zootecnia** 29 (5): 1440-1445. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000500023>.
- Stadelman, W.J E Cotterill, O.J. 1995. Egg science and technology. **Food Products Press**, New York.

