

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA
DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix coturnix japonica*)

Autora: Taciana Maria de Oliveira Bruxel
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Marcia Marcato

MARINGÁ
Estado do Paraná
Outubro - 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

EXIGÊNCIA DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E LISINA
DIGESTÍVEL PARA CODORNAS JAPONESAS
(*Coturnix coturnix japonica*)

Autora: Taciana Maria de Oliveira Bruxel
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Simara Marcia Marcato

“Tese apresentada como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Outubro – 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR, Brasil)

B913e Bruxel, Taciana Maria de Oliveira
Exigência de energia metabolizável e lisina
digestível para codornas japonesas (*Coturnix
coturnix japonica*) / Taciana Maria de Oliveira
Bruxel. -- Maringá, PR, 2016.
xvi, 99 f. : il. col. fig. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan.
Co-orientador: Simara Marcia Marcato.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento
de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, 2016.

1. Codorna japonesa - Nutrição . 2. Energia
metabolizável. 3. Coturnicultura. 4. Ovos de
codornas . I.Furlan, Antonio Claudio, orient. II.
Marcato, Simara Marcia, orient. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-
graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 636.6

MRP-03536



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

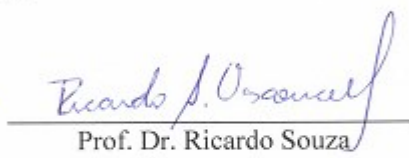
**EXIGÊNCIA DE ENERGIA METABOLIZÁVEL
E LISINA DIGESTÍVEL PARA CODORNAS
JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*)**

Autora: Taciana Maria de Oliveira Bruxel
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan
Coorientadora: Profª Drª Simara Márcia Marcato


TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 21 de outubro de 2016.


Profª Drª Simara Márcia Marcato


Prof. Dr. Ricardo Souza
Vasconcelos


Prof. Dr. Paulo César Pozza


Prof. Dr. Vanderly Janeiro


Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

"A máquina, que produz abundância, tem-nos deixado em penúria. Nossos conhecimentos fizeram-nos céticos; nossa inteligência, empedernidos e cruéis. Pensamos em demasia e sentimos bem pouco. Mais do que de máquinas, precisamos de humanidade. Mais do que de inteligência, precisamos de afeição e doçura. (...) No décimo sétimo capítulo de São Lucas está escrito que o Reino de Deus está dentro do homem – não de um só homem ou grupo de homens, mas dos homens todos! Está em vós! Vós, o povo, tendes o poder – o poder de criar máquinas. O poder de criar felicidade! Vós, o povo, tendes o poder de tornar esta vida livre e bela... de fazê-la uma aventura maravilhosa. (...) Lutemos por um mundo novo... um mundo bom que a todos assegure o ensino de trabalho, que dê futuro à mocidade e segurança à velhice. (...)"

Charles Chaplin em "O Grande Ditador".

“Filha, a única herança que podemos te deixar é a educação”.

A meus pais Wanderley e Marlene

Por me ensinarem que com educação, humildade e força de vontade todos os sonhos podem ser alcançados.

*“Calma meu amor, se fosse fácil, todo mundo faria o que você faz.
Mas você não é todo mundo”.*

A meu esposo Rafael Luis Bruxel

Por, mesmo separados pela distância, estar sempre presente, ser meu melhor amigo e fazer deste sonho, o nosso sonho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá (UEM), Fazenda Experimental de Iguatemi e Programa de Pós-graduação em Zootecnia, pela disponibilidade para realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus orientadores Prof. Antônio Claudio Furlan e Profa. Simara Marcia Marcato, pela amizade, incentivo, confiança em meu trabalho e, principalmente, pela humildade que vai além da cortesia, sendo exemplos de valorização do ser humano.

Ao Prof. Paulo Cesar Pozza, pelas orientações iniciais na condução do experimento, permissão e confiança para utilização dos equipamentos da Fazenda Experimental de Iguatemi e do Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa.

Ao Prof. Vanderly Janeiro, do Departamento de Estatística da UEM, pelo exemplo de humildade no ensino e orientação com os dados estatísticos.

À Profa. Lilian Cristina Vessoni Iwaki e à residente Renata Hernandes Tonin, do setor de radiologia da Clínica de Odontologia da UEM, que disponibilizaram seu espaço de trabalho e tempo, ensinando e orientando nas análises de densitometria óptica.

À Granja Vicami, nas pessoas do Sr. Osvaldo Esperança Rocha e Vitor Rocha, por cederem os animais para a realização do experimento e ao Prof. Elias Nunes Martins por possibilitar que esta parceria ocorresse.

À minha família, alicerce das minhas conquistas: meus pais Wanderley e Marlene, meus irmãos Daliana e Michel e sobrinhos Caio e Miguel. Dentre todas as formas de amar, a que sentimos pela nossa família certamente é a mais difícil de explicar. Obrigada por estarem comigo nos melhores e nos piores momentos.

À minha família que o matrimônio consagrou: meu marido Rafael, meus sogros Francisco e Ines e minha cunhada Deise. Estar junto de quem se ama compreende também fazer parte de sua família, e Deus me permitiu que pudéssemos conviver sob as suas bênçãos. Sou grata por todo o apoio, carinho e compreensão nesses anos todos.

Aos amigos do grupo de pesquisa: Caroline Espejo Stanquevis, Taynara Prestes Perine, Erica Grecco, Eline Maria Finco, Mariana Zanon, Vittor Zancanela, Daiane de Oliveira Grieser, Mariani Benites, Priscila Martins, Tainara Euzébio, Isabela Martins, João Paulo Rossato, Yohana Vieira, Mateus Silva Ferreira, Andressa de Carvalho, Bianca Maciel, Luana Freitas e Marcos Pereira. Muitos acham que o trabalho é a coisa mais importante do mundo, mas o mais importante do trabalho é a amizade que fazemos ao longo do tempo. Não poderia, eu mesma, ter escolhido colegas tão especiais, cada um à sua maneira e todos desejando sempre o melhor resultado. Agradeço infinitamente por me acolherem, pelos conselhos, pelo apoio e pelos momentos agradáveis que passamos juntos. Ficará sempre a lembrança da amizade e a certeza de que contribuímos muito com o crescimento uns dos outros.

Agradeço em especial às minhas amigas Juliana Alice Lösch Nervis, Micheli Zaminham, Marília Alves, Alessandra Monteiro e Marcelise Fachinello. A vida nos reserva sempre boas surpresas e conviver com vocês foi uma delas para mim. Mesmo tão distante de casa, pude construir um lar graças à amizade de vocês. Serei sempre grata a tudo o que fizeram por mim.

A todos os amigos que me acompanharam durante esta caminhada, perto ou longe, sempre presentes, dispostos a ouvir e a ajudar nos momentos difíceis e que de alguma maneira, me ajudaram a colher os frutos deste trabalho. Em especial à Kamyla Gaffuri, Isabel Grassioli, Paula Hisatugo, Raquel Esser e Fábio Adriano Ortiz. Quando olhamos para o nosso lado e vemos alguém que está sempre presente, uma pessoa que nunca nos deixa desanimar, só podemos estar gratos. Nossa amizade é um verdadeiro privilégio que eu quero manter ao longo da nossa caminhada.

A todos que de certa maneira contribuíram para realização deste trabalho, serei eternamente grata.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Taciana Maria Moraes de Oliveira, filha de Wanderley Francisco de Oliveira e Marlene Moraes, nasceu em Foz do Iguaçu-Pr, no dia 22 de dezembro de 1988.

Em fevereiro de 2006, iniciou o curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, concluindo em dezembro de 2010.

Em março de 2011, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e em abril de 2013, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação de Mestrado obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Em março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, da Universidade Estadual de Maringá, na área de Concentração Produção Animal, desenvolvendo estudos na área de Nutrição de Não-Ruminantes.

Em setembro de 2016 requisitou a defesa da tese, submetendo-se à aprovação da banca.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
ABSTRACT.....	xvii
I - INTRODUÇÃO	1
1.1 Revisão de literatura.....	3
1.1.1 Coturnicultura de postura.....	3
1.1.2 Energia Metabolizável	5
1.1.2.1. Relação da Energia Metabolizável com a produção de codornas japonesas	5
1.1.2.2 Exigências de Energia Metabolizável para codornas japonesas	8
1.1.3 Lisina	11
1.1.3.1 Relação da Lisina com a produção de codornas japonesas.....	13
1.1.3.2. Exigências de Lisina digestível para codornas japonesas.....	16
1.2 Literatura citada	18
II – OBJETIVOS GERAIS	24
2.1 Objetivos específicos	24
III – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (Coturnix coturnix japonica) em crescimento	26
RESUMO.....	26
ABSTRACT.....	28
3.1. Introdução	29
3.2. Material e métodos.....	30
3.2.1. Animais, instalações e manejo.....	31
3.2.2. Delineamento experimental e dietas	32
3.2.3. Características de desempenho	36
3.2.4. Composição química, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça.....	36

3.2.5. Parâmetros bioquímicos sanguíneos	37
3.2.6. Peso relativo de órgãos	38
3.2.7. Parâmetros ósseos	38
3.2.8. Análise estatística	40
3.2.9. Gráficos de contornos sobrepostos	41
3.3. Resultados	42
3.4. Discussão	54
3.5. Conclusão	59
3.6. Literatura citada	60
IV – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em fase de postura.....	64
RESUMO	64
ABSTRACT	66
4.1. Introdução	67
4.2. Material e métodos.....	68
4.2.1. Animais, instalação e manejo	68
4.2.2. Delineamento experimental e dietas	70
4.2.3. Características de desempenho	74
4.2.4. Qualidade interna e externa dos ovos	74
4.2.5. Parâmetros ósseos	76
4.2.6. Análise estatística	78
4.2.7. Gráficos de contornos sobrepostos	79
4.3. Resultados	80
4.4. Discussão	87
4.5. Conclusão.....	92
4.6. Literatura citada	93
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS	96

LISTA DE TABELAS

	Página
III – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em crescimento	26
Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria.....	33
Tabela 2. Composição nutricional* das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria.....	34
Tabela 3. Composição centesimal e nutricional da ração basal para codornas japonesas na fase de cria	35
Tabela 4. Desempenho médio de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	43
Tabela 5. Desempenho médio de codornas japonesas, de 15 a 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	45
Tabela 6. Composição química ¹ , taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	49
Tabela 7. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	50
Tabela 8. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	51
Tabela 9. Parâmetros ósseos de codornas japonesas, aos 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	52
Tabela 10. Parâmetros ósseos de codornas japonesas, aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	53

IV – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em postura	64
Tabela 1. Composição centesimal e nutricional da ração para codornas japonesas nas fases de cria e recria.....	71
Tabela 2. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura	72
Tabela 3. Composição nutricional das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura	73
Tabela 4. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	81
Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	85
Tabela 6. Parâmetros ósseos de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Página
III – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em crescimento.....	26
Figura 1. Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	44
Figura 2. Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) de codornas japonesas, de 15 a 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	46
Figura 3. Contornos sobrepostos do Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) indicando a estimativa de energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade	47
Figura 4. Contornos sobrepostos do Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) indicando a estimativa de energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas de 15 a 42 dias de idade	47
IV – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) em postura	64
Figura 1. Consumo de ração diário (a), Taxa de postura (b), Massa de ovos (c) e Conversão alimentar por massa de ovos (d) de codornas japonesas em fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível	82
Figura 2. Contornos sobrepostos Consumo de ração diário (CRD), Taxa de postura (TXP), Massa de ovos (MO) e Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) indicando a estimativa para energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas em fase de postura	83

RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos com o objetivo de estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) para codornas japonesas nas fases de crescimento e de postura. Os dados de ambos foram analisados por meio de regressão polinomial para os níveis de EM e LD para estimar o modelo de melhor ajuste e a exigência nutricional foi determinada por meio da aplicação de gráficos de contornos sobrepostos. O primeiro experimento objetivou estimar as exigências nutricionais de EM e LD para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 42 dias) e verificar as implicações dos níveis testados na composição química corporal, peso de órgãos, parâmetros sanguíneos e ósseos. Na etapa de crescimento empregou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2830, 2970, 3110 e 3250 kcal kg⁻¹ x LD = 0,90; 1,07; 1,24 e 1,41%), perfazendo 16 tratamentos com 3 repetições cada, contendo 50 codornas por unidade experimental na fase de cria (totalizando 2400 aves, com peso médio inicial de 7,05±0,08g) e 35 codornas por unidade experimental na fase de recria (totalizando 1680 aves com peso médio inicial de 21,47±1,29g). Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos sobrepostos das equações obtidas para as variáveis de desempenho, os níveis de 3030 kcal de EM kg⁻¹ e 1,221% de LD foram estimados para a fase de cria e os níveis de 3055 kcal de EM kg⁻¹ e 1,202% de LD foram estimados para a fase de recria. O extrato etéreo da carcaça e o índice de Seedor do fêmur e da tíbia exibiram interação significativa e o peso relativo do fígado apresentou efeito linear da LD na fase de 1 a 14 dias. Na fase de 15 a 42 dias, o índice de Seedor nos dois ossos e a densidade óssea do fêmur foram influenciados de modo quadrático pela EM. No segundo experimento, objetivou-se estimar as exigências nutricionais de EM e LD para codornas japonesas na fase de postura. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2650, 2775, 2900 e 3025 kcal kg⁻¹ x LD = 0,82; 1,02; 1,22 e 1,42%), perfazendo 16 tratamentos com 3 repetições e 12 codornas por unidade experimental, totalizando 576 aves, com peso médio inicial de 116,50±5,75g, no período de 43 a 168 dias de idade. Foram avaliados o desempenho e a qualidade de ovos, consecutivamente, durante seis ciclos de produção com 21 dias cada e os parâmetros ósseos ao final do experimento. Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos sobrepostos que otimizou a resposta do efeito da EM e da LD sobre as características de desempenho, foram estimados os níveis de 2857 kcal de EM kg⁻¹ e

1,104% de LD como recomendação para formulação de dietas para codornas japonesas em postura. Foi verificada interação significativa entre EM e LD para o peso de casca por superfície de área. A porcentagem de casca e o peso do ovo foram influenciados por ambos os fatores, a porcentagem de albúmen apresentou efeito quadrático para LD e a unidade Haugh para EM. O índice de Seedor e a resistência óssea tanto da tíbia quanto do fêmur demonstraram efeito quadrático de ambos os fatores e a densidade óssea do fêmur foi afetada de modo quadrático pela LD. As estimativas das exigências nutricionais foram obtidas por meio do uso de gráficos de contornos sobrepostos, apresentando um novo modo de estimá-las, ao combinar as múltiplas respostas das variáveis de desempenho em uma determinada região do gráfico que pode ser facilmente visualizada e permite identificar os pontos que proporcionam os melhores resultados e estão representados nos eixos compostos pelos valores de EM e LD.

Palavras-chave: desenvolvimento corporal, gráfico de contornos sobrepostos, postura, qualidade de ovos

ABSTRACT

Two experiments were carried out with the objective of estimating the nutritional requirements of metabolizable energy (ME) and digestible lysine (DL) for growing and laying Japanese quails. Both data were analyzed by polynomial regression for the levels of ME and DL to estimate the best adjustment model, and nutritional requirements has been determined based on overlaid contours plot. The first study aimed to estimate the nutritional requirements of ME and DL for growing Japanese quails (1-14 days old and 15-42 days old) and verify the implications of tested levels on body chemical composition, organ weights, blood and bones parameters. In the growing phase, the experimental design was the complete randomized factorial 4 x 4 (ME = 2830, 2970, 3110 and 3250 kcal kg⁻¹ x DL = 0.90, 1.07, 1.24 and 1.41%), totaling 16 treatments with 3 replicates, containing 50 quails per experimental unit from 1 to 14 d old (totaling 2,400 birds with an average initial weight of 7.05 ± 0.08 g) and 35 quails per experimental unit from 15 to 42 d old (totaling 1,680 birds with an average initial weight of 21.47± 1.29g). Considering the obtained estimates by means of overlaid contours plots of the equations obtained for the performance variables, the levels of 3030 kcal ME kg⁻¹ and 1.221% DL were estimated for initial phase and the levels of 3055 kcal ME kg⁻¹ and 1.202% DL were estimated for the growing phase. The carcass ethereal extract and the Seedor index of the femur and tibia showed significant interaction and the relative weight of the liver showed a linear effect to DL in the 1 to 14 days phase. In the 15 to 42 days phase, Seedor index in the two bones and the femur bone density were quadratically influenced by the ME. In the second experiment, we aimed to estimate the nutritional requirements of ME and DL for laying Japanese quails. The experimental design was complete randomized factorial 4 x 4 (ME = 2650, 2775, 2900 and 3025 kcal kg⁻¹ x DL = 0.82; 1.02; 1.22 and 1.42%), totaling 16 treatments with 3 replicates and 12 quails per experimental unit, totaling 576 birds, with initial average weight of 116.50±5.75g from 43 to 168 days old. Performance and egg quality were consecutively evaluated, during six production cycles of 21 days each and bone parameters evaluation at the end of the experiment. Considering the estimates obtained by means of overlaid contours plot that optimized response of ME and DL effect on the performance characteristics, levels of 2857 kcal ME kg⁻¹ and 1.104%

DL were estimated as recommendations for diets formulation for laying quails. There was significant interaction between ME and DL for shell weight per surface area. The shell percentage and egg weight were influenced by both factors, the albumen percentage showed quadratic effect for DL and Haugh unit to ME. Seedor's index and the bone strength of both tibia and the femur showed a quadratic effect of both factors and the femur bone density was affected quadratically by DL. The nutritional requirements estimates were obtained through the use of overlaid contours plots, presenting a new way of estimating them, by combining the multiple responses of the performance variables in a specific region of the graph that can be easily visualized and allows to identify the points that provide the best results and are represented in the axes composed of the ME and DL values.

Keywords: body development, egg quality, laying, overlaid contours plot

I - INTRODUÇÃO¹

A maior parte da cadeia produtiva da coturnicultura encontra-se voltada para a produção de ovos, destacando-se como uma atividade com considerável retorno financeiro, principalmente por requerer baixos custos com investimentos iniciais e utilizar pequenas áreas, proporcionando rápida recuperação do capital investido.

Entre as principais características das codornas japonesas está a precocidade, refletindo na necessidade de programas nutricionais que visem a máxima taxa de crescimento e o correto desenvolvimento corporal (mantendo adequadas relações de proteína e gordura), possibilitando que as aves ao atingirem a maturidade sexual apresentem o peso ideal e uniformidade no plantel.

¹Redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

Além disso, o período de transição entre a fase de recria e o início da produção é considerado crítico, do ponto de vista nutricional, pois com a proximidade da maturidade sexual, o crescimento é fortemente influenciado pela formação das reservas de gordura, especialmente no fígado, nas vísceras, ovário e oviduto (Silva et al., 2004).

Como na maioria das espécies, a energia é um dos principais determinantes do desempenho das aves. Logo, a determinação dos níveis de energia metabolizável nas diferentes fases possibilita a avaliação do seu aproveitamento, principalmente quanto à eficiência em deposição de proteína e gordura, a qual sofre modificações em decorrência da alimentação e do próprio crescimento da ave.

Além dos estudos sobre o nível ótimo de energia metabolizável das dietas, também é importante determinar o nível de aminoácidos, de modo que as exigências destes nutrientes estejam alinhadas ao nível energético das rações.

A lisina, neste caso, deve ser considerada como ponto de partida por ser o segundo aminoácido limitante para aves e por ser referência na formulação de rações no conceito da proteína ideal, tornando obrigatória sua adição na forma industrial para o balanceamento das dietas mais equilibradas e econômicas. Porém, de acordo com Hajkhodadadi et al. (2013), as referências de lisina para codornas são limitadas, mesmo este aminoácido participando da deposição de tecido muscular, ser precursora da carnitina e participando da formação da matriz óssea, esta última, fortemente ligada à produção de ovos.

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fase de crescimento e produção, visando a maximização do desempenho zootécnico, verificar seus efeitos sobre a composição química corporal, peso dos órgãos, parâmetros sanguíneos e ósseos dessas aves, além da qualidade interna e externa dos ovos.

1.1 Revisão de literatura

1.1.1 Coturnicultura de postura

As aves da espécie *Coturnix coturnix* são originárias da Ásia, África e Europa e subespécies do gênero *Coturnix* são nativas de todos os continentes, com exceção das Américas (Scholtz et al., 2009). Os primeiros registros dessa ave datam do século XII e a partir de 1910, os japoneses iniciaram estudos e cruzamentos entre as codornas provenientes da Europa (*Coturnix coturnix coturnix*), e espécies selvagens, obtendo-se, assim, um tipo domesticado, que passou a se chamar *Coturnix coturnix japonica*, ou codorna japonesa.

A exploração comercial de codornas tem se tornado popular rapidamente, adquirindo certa representatividade na indústria avícola, ao passar de atividade de subsistência à segmento de produção. No Brasil, o franco desenvolvimento da atividade é reforçado pela maior participação de grandes empresas avícolas, que aperfeiçoam as técnicas de manejo e investem em modernas instalações, o que possibilita alojar um número cada vez maior de aves (Bertechini, 2010) e que propiciou um aumento significativo no efetivo do rebanho de codornas.

Segundo os dados mais recentes publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), o número de animais alojados em 2014 foi de 20.338.803 de aves, caracterizando um aumento de 11,9% em relação ao ano anterior e, se comparado aos primeiros registros em 2009 (11.485.093 aves), esta variação chega a 77%.

Entre os fatores que colaboram para a expansão da coturnicultura no país estão o rápido crescimento e maturidade sexual das aves (35 a 42 dias de idade), precocidade da produção (primeiro ovo em torno de 50 dias), baixo consumo de ração (20-25g ao dia), alta produtividade (cerca de 300 ovos ao ano), persistência de postura (14 a 18 meses),

baixo peso (120-170g) e tamanho corporal reduzido, fazendo com que a densidade de alojamento possa ser elevada, além do pequeno intervalo entre gerações (de quatro a cinco geração por ano) (Pinto et al., 2002; Randall e Bolla, 2008).

As codornas japonesas são animais rústicos e, embora possam ser afetadas pelas doenças comuns de aves, apresentam boa resistência e pouca necessidade de vacinação (Edache et al., 2005; Tuleun et al., 2013). O correto manejo na criação complementa as práticas sanitárias e nutricionais, interferindo diretamente no desempenho, especialmente na viabilidade, ritmo de crescimento, eficiência das rações e produção final (Oliveira, 2004).

A divisão das etapas de produção em fases permite atender às demandas fisiológicas e nutricionais de acordo a idade das aves. Em geral, para codornas japonesas, a fase de cria abrange do primeiro ao 14º dia de idade, a fase de recria se estende do 15º ao 42º dia e, então, inicia-se a fase de postura.

Porém, fica cada vez mais evidente a necessidade de estratificar ainda mais a produção, especialmente na fase de cria, que devido ao metabolismo pós-eclosão das aves poderia compreender duas etapas (1 a 7 dias e 8 a 14 dias), e na fase de postura, que poderia ser dividida em três etapas (pré-pico de postura, pico de postura e pós-pico de postura), por apresentar ao longo da sua duração, demandas fisiológicas distintas, principalmente ao considerar o início, onde as aves apresentam um desenvolvimento rápido do sistema reprodutivo e passam a consumir rações com alto nível de cálcio e pós-pico, onde a condição corporal está mais afetada e o tamanho dos ovos são maiores, alterando a relação peso do ovo:peso corporal.

Devido a todas essas características, a produção comercial de ovos de codorna pode ser iniciada com baixo investimento de capital quando comparado a galpões de poedeiras comerciais, apresentando uma margem de lucro muito semelhante (Kaur et al.,

2008). Ao considerarmos ainda a precocidade e a longevidade do ciclo de reprodução, a coturnicultura oferece uma alta circulação monetária, com rápido retorno financeiro.

1.1.2 Energia Metabolizável

A energia dos alimentos é uma propriedade dos nutrientes de transformarem-se em energia quando são oxidados no metabolismo, que liberam calor ou a armazenam para posterior uso nos processos metabólicos (Murakami e Furlan, 2002; Oliveira e Almeida, 2004). Logo, é altamente requerida para o crescimento dos animais, mesmo que não seja diretamente convertida em carne ou ovos, sendo utilizada como combustível para alcançar uma alta produção.

O nível de energia é normalmente selecionado como um ponto de partida para a formulação das dietas, servindo de base para a fixação dos níveis de outros nutrientes como proteína bruta, aminoácidos, ácidos graxos e minerais, além de representar um dos maiores custos da formulação (Faria e Santos, 2005).

1.1.2.1. Relação da Energia Metabolizável com a produção de codornas japonesas

A exigência de energia de aves em postura está condicionada a fatores como peso corporal, ganho de peso, produção de massa de ovos, nível de empenamento, temperatura ambiental, entre outros como composição corporal e do ovo e eficiência de utilização dos nutrientes da dieta, para deposição em tecido corporal e em ovo (Lima Neto et al., 2008).

Se o aporte energético for insuficiente poderá ocorrer queda de produção e, de acordo com Silva (2003), atraso da maturidade sexual, redução do peso corporal, do nível das reservas corporais, do pico e da persistência de postura levam ao descarte das aves e à reposição precoce do plantel mais cedo. Este mesmo autor afirma ainda que o contrário

também é verdadeiro, pois o excesso de energia pode acarretar obesidade, maturidade sexual precoce, prolapso de oviduto, ovos com gemas múltiplas e redução na produção de ovos. Lima Neto (2003) relata ainda como efeitos do excesso de energia: superovulação (ovos com gemas duplas), absorção de óvulos na cavidade abdominal e aumento do intervalo de postura, o que também reduz a produção.

A formulação de dietas para aves que objetivam atender os requerimentos de energia baseados em tabelas de exigências para linhagens específicas é altamente recomendada para reduzir a deposição de gordura (Fouad e El-Senousey et al., 2014). Ao aumentar o conteúdo energético das rações, para melhorar a conversão alimentar, ocorre um aumento na deposição de gordura que, em excesso, não é desejado para aves em postura por interferir na maturidade sexual e no ciclo de produção.

Aves com livre acesso ao alimento, segundo Leeson e Summers (2005), apresentam consumo de ração diminuído ou aumentado, em razão do alto ou baixo nível de energia metabolizável, respectivamente, de modo que o consumo de energia não varia, mostrando eficiente controle das aves referente à ingestão de calorías, indicando que a energia metabolizável desempenha papel regulador do consumo.

Como o consumo de ração, e conseqüentemente o consumo de nutrientes, é inversamente influenciado pelo nível energético, o excesso de energia na ração resultará na redução do consumo de nutrientes e elevará os custos de produção. Assim sendo, a composição nutricional da ração deve estar ajustada à densidade energética, principalmente às exigências de aminoácidos, propiciando que a quantidade de ração consumida atenda às exigências de manutenção e produção das aves.

Apesar dos avanços observados no sentido de estabelecimento do conceito de proteína ideal, em geral, a energia metabolizável das dietas é relacionada com a concentração de proteína bruta, ao invés dos aminoácidos. O efeito da interação da

energia com a proteína pode ser expresso pela relação energia metabolizável:proteína bruta (EM:PB), a qual, segundo Murarolli (2007), é dada pela quantidade de energia (kcal) para cada 1 g de proteína da ração.

Quando a relação EM:PB encontra-se abaixo do preconizado pode haver redução na taxa de crescimento devido ao aumento da demanda metabólica para excreção de nitrogênio (Moura, 2007) e o excesso pode ocasionar exacerbação da deposição de gordura na carcaça, já que a quantidade depositada é proporcional à quantidade de energia disponível para a síntese (Leeson, 1995), além de inibir a utilização de outros nutrientes associados aos processos metabólicos.

O efeito da energia metabolizável e dos níveis de proteína bruta sobre o desempenho de aves de postura têm sido objeto de estudo de vários autores (Costa et al., 2004; Guaneeing et al., 2007; Yu et al., 2008), pois normalmente a produção de ovos é relacionada com a exigência de proteína, a qual pode não ser atendida em função das alterações do consumo advindas do nível energético da ração. Assim sendo, os estudos buscam estabelecer um equilíbrio entre energia, proteína e aminoácidos essenciais para a otimização nutricional, porém, ainda não existe um consenso em relação à resposta das aves.

Em sua grande maioria, os trabalhos publicados demonstram níveis ótimos de energia ou de proteína sem considerar a sua relação para o desempenho das codornas (Moura, 2007). Os dados encontrados na literatura indicam valores de melhor desempenho entre 125 a 150:1, como base para cálculo de energia, proteína e outros nutrientes em rações para a fase de postura (Belo et al., 2000; Pinto et al., 2002; Freitas et al., 2005).

No entanto, dados experimentais relacionados às exigências de energia metabolizável para codornas ainda são escassos (Mahmood et al., 2014) e normalmente

são utilizados dados referentes à poedeiras comerciais, o que nem sempre permite formular dietas que atendam corretamente às exigências destas aves.

Esta extrapolação de dados proporciona diferenças no valor considerado para a digestibilidade dos alimentos e para a disponibilidade de nutrientes, principalmente em termos de particularidades fisiológicas, hábitos alimentares, além do tamanho e comprimento dos órgãos do trato gastrointestinal (Santomá, 1989), como é o caso do ceco das codornas, que de acordo com Andujar et al. (1977), é proporcionalmente maior ao tamanho total, quando comparado à poedeiras comerciais, acarretando maior digestibilidade da fibra bruta.

1.1.2.2 Exigências de Energia Metabolizável para codornas japonesas

Diversos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estimar um nível ótimo de energia e que propicie melhores índices de desempenho com o mínimo custo possível, confirmando que ao aumentar o nível de energia da dieta, o consumo de ração diminui e, conseqüentemente, a conversão alimentar pode ser melhorada.

Este efeito foi evidenciado no trabalho publicado por Attia et al. (2012), que ao estudar os níveis de energia metabolizável e proteína bruta para codornas japonesas alojadas em duas densidades constataram que independentemente da situação, o aumento dos níveis de energia metabolizável de 2800 para 2900 e 3000 kcal de EM kg⁻¹ foram associados com uma diminuição significativa no consumo de ração e na conversão alimentar, durante todo o período experimental (1 a 6 semanas), entretanto, o nível de 2800 kcal EM kg⁻¹ foi considerado o mais adequado pelos autores. Do mesmo modo, Reda et al. (2015) optaram por determinar as exigências de codornas japonesas na fase de crescimento, concluindo que o nível de 2900 kcal EM kg⁻¹ foi o mais adequado para o período de 1 a 5 semanas.

Os principais guias de formulação atualmente empregados para codornas japonesas no Brasil são o NRC (1994), Silva e Costa (2009) e Rostagno et al. (2011), sendo que apenas Silva e Costa (2009) recomendam níveis nutricionais diferenciados de acordo com o estágio de desenvolvimento das aves, sendo de 2900 e 3050 kcal de EM kg^{-1} para as fases de cria (1 a 21 dias) e recria (22 a 42 dias), respectivamente. Tanto o NRC (1994) quanto Rostagno et al. (2011) recomendam o nível de 2900 kcal de EM kg^{-1} para codornas japonesas em crescimento.

À medida que é elevada a energia da dieta, de acordo com Baião e Lara (2005), ocorre uma diminuição no consumo voluntário pelas aves, resultado que pode ser observado no estudo pioneiro de Mukarami et al. (1993), que ao submeter codornas japonesas em fase inicial de postura a quatro níveis de energia metabolizável (2500, 2700, 2900 e 3100 kcal de EM kg^{-1} de ração) observaram que o aumento do nível energético reduziu o consumo de ração, além da porcentagem de postura e do peso dos ovos, recomendando utilizar o nível de 2700 kcal de EM kg^{-1} .

Entre os trabalhos conduzidos para estimar a exigência de energia metabolizável para codornas japonesas durante a fase de postura, Belo et al. (2000) e Freitas et al. (2005) observaram menor consumo e menor peso de ovos com o aumento do nível energético da ração, estimando, respectivamente, os níveis de 2600 e 2585 kcal de EM kg^{-1} para o melhor desempenho produtivo.

Ao trabalharem com codornas japonesas na fase inicial de postura (até 112 dias), Barreto et al. (2007) estimaram o nível de 2650 kcal EM kg^{-1} para obtenção de satisfatórios valores de peso de ovo, conversão alimentar por massa de ovos e maior produção de ovos, por outro lado, Ribeiro et al. (2003) sugerem o nível de 2900 kcal de EM kg^{-1} .

Para a fase de postura, o valor de energia metabolizável sugerido pelo NRC (1994) é igual a 2900 kcal de EM kg⁻¹, sendo superior aos 2800 kcal de EM kg⁻¹ de Rostagno et al. (2011). Silva e Costa (2009) também subdividiram a fase de postura em duas etapas: pré-pico e pós-pico, havendo aumento de 2800 para 2950 kcal de EM kg⁻¹ de uma fase para outra.

A energia e a disponibilidade dos nutrientes essenciais da dieta são intimamente associados (Mahmood et al., 2014). Assumindo este pressuposto, Kaur e Mandal (2015) avaliaram o desempenho de codornas japonesas considerando conjuntamente os níveis de energia metabolizável e aminoácidos, concluindo que a melhor conversão alimentar foi obtida com 3100 kcal EM kg⁻¹; 23,23% de proteína bruta; 1,30% de lisina; 0,50% de metionina e 1,02% de treonina no período de 0 a 5 semanas de idade.

Ao estudarem a resposta de codornas em crescimento a níveis de aminoácidos essenciais em diferentes níveis de energia, Kaur et al. (2008) concluíram que o nível ótimo de energia metabolizável da dieta foi igual a 2700 kcal kg⁻¹ com 25,83% de proteína bruta; 1,49% de lisina total; 0,58% de metionina total e 1,17% de treonina total para uma melhor conversão alimentar, desde o alojamento até a quinta semana de idade.

Em um estudo mais detalhado, Gheisari et al. (2011) avaliaram em cada fase de crescimento de codornas japonesas, quais os melhores níveis de energia e proteína e também concluíram que o nível ótimo de energia metabolizável foi de 2700 kcal kg⁻¹ para todas as fases, porém com níveis de proteína bruta variando entre 22% na fase de 0-14 dias (EM:PB = 122), 20% dos 15-28 dias (EM:PB = 135) e 18% dos 29-49 dias de idade (EM:PB = 150).

1.1.3 Lisina

A lisina (ácido 2,6 diamino hexanóico) é um aminoácido básico determinado pelo grupo amina, pois apresenta cargas positivas a pH 7,0; sua absorção ocorre pela membrana apical dos enterócitos e o transporte para o sangue é feito pela membrana basolateral dos hepatócitos (Matthews, 2000). Em sua via de degradação, a porção carbonada pode ir a acetoacetato ou um de seus precursores: acetil-CoA ou acetoacetil-CoA, o que a classifica como aminoácido cetogênico, podendo contribuir com a deposição de gordura do organismo (González e Silva, 2002).

Existe pouco conhecimento a respeito da oxidação da L-lisina em aves, mas de acordo com Macari et al. (2008), este aminoácido é degradado no fígado e tanto a via da sacaropina quanto do ácido pipecólico são funcionais. Manangi et al. (2005) afirmaram que a principal rota de oxidação da lisina se dá pela via da lisina α -cetoglutarato redutase (LKR). Nesta via, lisina e α -cetoglutarato são convertidos em sacaropina pela LKR, então a sacaropina é convertida em α -aminoadipato semialdeído e glutamato pela sacaropina desidrogenase. A afirmação de que a LKR é a rota primária de degradação da lisina está baseada nos achados de Broquist (1991), que descreveu casos de hiperlisinemia resultantes de deficiência de LKR com ou sem deficiência de sacaropina desidrogenase.

Outro modo de oxidação da lisina é por meio do ácido pipecólico, que depende da enzima L-aminoácido oxidase-catalase, responsável por eliminar o grupo ϵ -amino. Porém, pequenas quantidades de α -ceto lisina são formadas através desta enzima com desaminação oxidativa e liberação de amônia. Nas aves, apenas os L-aminoácidos são agrupados em proteínas e como não há uma enzima transaminase capaz de converter α -ceto lisina para L-lisina, a D-lisina e α -ceto lisina não são biologicamente eficientes (D'Mello, 2003; Baker, 1994).

Este aminoácido é considerado essencial pois a síntese nos tecidos corporais é insuficiente para atender à demanda das aves, fato que acarreta a necessidade de utilização de fontes externas, como a proveniente dos alimentos e de fontes industriais, e a caracteriza como segundo aminoácido limitante em rações para aves (Neme et al., 2001).

A lisina é considerada como aminoácido padrão no conceito de proteína ideal e tem sido utilizada como referência para estimativa das exigências dos demais aminoácidos. O conceito de proteína ideal pode ser definido teoricamente como o exato balanço de aminoácidos na dieta capaz de atender, sem excesso ou deficiência, as exigências de todos os aminoácidos essenciais para a produção e manutenção das aves, os quais são expressos como porcentagem do nível de lisina.

Conforme Leeson e Summers (2001), a lisina é usada como aminoácido referência por ser um aminoácido limitante para diversas espécies de animais, possuir como função principal a formação de proteína no metabolismo, ser um dos aminoácidos mais estudados a nível de exigências nutricionais, possuir análise simples e taxa de oxidação relativamente baixa.

De acordo com Baker e Han (1994), pode-se inferir que se a exigência de lisina for alterada por algum fator dietético, genético e/ou ambiental, haverá a alteração concomitante dos outros aminoácidos, pois estas proporções entre a lisina e os outros aminoácidos tendem a permanecer bastante estáveis entre si. Além disso, a ampla disponibilidade de lisina no mercado, a um custo economicamente viável, quando comparada com outros aminoácidos, viabiliza o seu uso na suplementação de rações com baixo teor de proteína bruta.

1.1.3.1 Relação da Lisina com a produção de codornas japonesas

Entre as funções da lisina, este é o único aminoácido que exerce papel específico de deposição proteica na forma de tecido muscular, tanto que Bequette (2003) afirma existir uma relação inversa entre síntese de proteína muscular e oxidação de lisina no organismo. Sendo o aminoácido mais abundante no músculo do peito de frangos de corte (Tesseraud et al., 2001), é provável que esse músculo represente a principal reserva de lisina que pode ser mobilizada em condição de deficiência.

Apesar da lisina exercer função específica na síntese de proteína muscular em frangos de corte, há a necessidade de verificar se tal asserção é válida para codornas, pelo menos, em termos de maior resposta em crescimento corporal (Nascimento, 2003). Posteriormente, Batista (2013) ao estudar a relação lisina e arginina em codornas de corte verificou que a taxa de deposição de proteína na carcaça das aves foi influenciada por ambos os aminoácidos, confirmando a atividade da lisina na deposição muscular de codornas de corte.

Em animais em crescimento, a lisina participa na formação da matriz óssea (Ribeiro et al., 2003) através da síntese de colágeno, onde as ligações cruzadas entre os resíduos de lisina e hidroxilisina (formada pela hidroxilação da lisina do colágeno durante o processo de acabamento pós-tradução) estabilizam sua estrutura fibrilar e aumentam a força mecânica do osso, tornando o colágeno ósseo mais denso e menos solúvel que o colágeno da pele e dos tendões (Smith et al., 1988).

Juntamente com a metionina, a lisina é precursora da L-carnitina, cujo principal papel metabólico é transportar ácidos-graxos de cadeia longa através da membrana mitocondrial para a β -oxidação, cumprindo assim um papel importante no metabolismo. A biossíntese de L-carnitina ocorre nos rins e no fígado a partir dos esqueletos de carbono

fornecidos pela lisina e dos grupos 4-N-metil originados da metionina na presença de íons de ferro e das vitaminas B6, B12, C, além de ácido fólico e niacina (Harmeyer, 2002).

Ao submeterem codornas japonesas em postura à vários níveis de L-carnitina, Parizadian et al. (2011) observaram que a suplementação deste composto propiciou efeitos positivos ao reduzir a concentração de triglicerídeos e colesterol na gema dos ovos e no sangue das aves, sendo que os maiores níveis destes foram observados no grupo controle, onde não houve adição de L-carnitina. Estes autores afirmaram que a presença de carnitina na gema pode ter influenciado a eficiência das enzimas envolvidas no metabolismo dos ácidos graxos, graças a seu papel bem estabelecido no metabolismo lipídico, de modo que pode induzir algumas modificações positivas na carne e nos ovos de aves.

O fato da L-carnitina transportar ácidos-graxos para a β -oxidação leva à produção de adenosina trifosfato (ATP), que gera energia, a qual passa a ser melhor utilizada e, por consequência, melhora o ganho de peso e eficiência alimentar, principalmente em animais jovens, onde a síntese de L-carnitina é insuficiente para atender as exigências endógenas.

A lisina também atua como componente de proteínas específicas como as histonas. De acordo com Fischle et al. (2003), a unidade fundamental da cromatina é o nucleossomo que consiste em, aproximadamente, 146 pares de bases do DNA enroladas ao redor de um octâmero central de proteínas conhecidas como histonas, o que lhes confere papel importante na regulação dos genes.

A acetilação ou deacetilação dos resíduos de lisina das histonas, na ramificação N-terminal, segundo Clayton et al. (2006), perfazem a regulação genética, pois, na maioria dos casos, a acetilação das histonas realça a transcrição enquanto a deacetilação a reprime. A acetilação da lisina é uma modificação predominante em enzimas que catalisam o metabolismo intermediário, estando envolvidas no metabolismo de

carboidratos, lipídios, nucleotídeos, aminoácidos e metabólitos secundários (Zhao et al., 2010). De acordo com Patel et al. (2011), a acetilação também regula as enzimas que coordenam as vias de glicólise e gliconeogênese. Esta modulação das vias metabólicas são direcionadas pelas enzimas lisina acetiltransferase e lisina deacetilase, cujos níveis de expressão são sincronizados com as condições de crescimento do indivíduo.

Não só a falta de lisina disponível para os processos corporais acarreta efeitos negativos, mas também o excesso, o qual pode ocasionar prejuízos metabólicos como o antagonismo com a arginina, onde o excesso de lisina reduz a utilização de arginina e vice-versa, podendo depreciar o desempenho das aves, que são particularmente mais sensíveis à este antagonismo por não possuírem o ciclo da ureia funcional e não utilizarem o ácido glutâmico como fonte de ornitina (Appelt, 2010).

A lisina impede a reabsorção de arginina no rim, e também estimula a produção da enzima arginase no fígado, quebrando a arginina no rim e, formando ornitina e ureia (Leeson e Summers, 2001). Uma segunda consequência, de acordo com D'Mello (2003), seria a depressão do consumo, possivelmente em função dos efeitos da lisina na percepção neurológica do consumo e no metabolismo dos outros aminoácidos e suas aminas biogênicas. Cabe ressaltar que a depressão do consumo, neste antagonismo, é precedida por diminuição do crescimento das aves (D'Mello e Lewis, 1971).

Mecanismos secundários incluem maior excreção urinária da arginina e inibição da atividade da glicinamidinotransferase no fígado e, possivelmente, limita a formação de creatina (Andriquetto et al., 1999), que é convertida em fosfocreatina e utilizada como reserva de energia, principalmente nas células musculares. Além do mais, a arginina é considerada um dos mais importantes mediadores de processos intra e extracelulares (Dusse et al., 2003) e participa da síntese do óxido nítrico, um radical livre altamente reativo, permeável às células e membranas que participa de vários processos celulares,

incluindo a neurotransmissão e a imunidade (Le Floch et al., 2004) e possui ação benéfica no combate de vários agentes patógenos de aves.

1.1.3.2. Exigências de Lisina digestível para codornas japonesas

O desempenho produtivo das codornas japonesas foi melhorado nos últimos anos, graças ao caráter de produção comercial adquirido, com estabelecimento de práticas de manejo, nutrição e também devido à seleção genética, havendo portanto a necessidade de atualizar as exigências nutricionais, para que toda sua potencialidade de produção possa ser explorada. Por este motivo, vários estudos têm sido conduzidos com o objetivo de estimar as exigências nutricionais de codornas japonesas, tanto na fase de crescimento, como na fase de produção.

A melhora na conversão alimentar das codornas japonesas que consumiram dietas contendo 1,45% de lisina total foi observada por Shivazad et al. (2013) ao avaliar o efeito da lisina sobre o desempenho e a imunidade de codornas japonesas de ambos os sexos e por Attia (2014), ao estimar a exigência de lisina para codornas em crescimento.

Ao avaliarem os efeitos de diferentes níveis de energia metabolizável, proteína bruta e lisina para codornas japonesas em crescimento, Reda et al. (2015) concluíram que a lisina é mais requerida na fase inicial (1-3 semanas de idade) do que na fase final (3-5 semanas), passando de 1,45% para 1,30% de lisina total, respectivamente. Porém, níveis inferiores foram apresentados por Mehri et al. (2013) ao estimarem o nível de 1,34% de lisina total como sendo ótimo para codornas japonesas durante a segunda e terceira semanas de idade e Mehri et al. (2015), que estimaram o nível de 1,36% de lisina durante a quarta e quinta semanas de idade.

Para a fase de postura, Ribeiro et al. (2003) estimaram as exigências de lisina total e a relação lisina:proteína, tendo sugerido que existe um aumento quantitativo da

exigência de lisina de codornas na fase de produção, passando de 1,07% de lisina total para 1,15%, sem alteração da relação lisina:proteína.

Ao determinarem as exigências de lisina digestível para codornas japonesas na fase de postura, Pinto et al. (2003) recomendam o nível de 1,117% como sendo o ideal, enquanto que Costa et al. (2008) verificaram efeito dos níveis de LD sobre a taxa de postura, porém, recomendaram nível inferior como exigência (1,03%).

Mais recentemente, Ribeiro et al. (2013) estimaram um nível de 1,12% de LD para codornas japonesas em postura, evidenciando que a evolução genética dos plantéis brasileiros têm tornado os animais mais exigentes quanto aos nutrientes da dieta.

É possível verificar que existe uma grande variabilidade quanto às recomendações de lisina pra codornas japonesas, mesmo em relação à forma de abordagem (lisina total ou lisina digestível). Até mesmo os guias de formulação não apresentam consenso, sendo que o NRC (1994) recomenda o nível de 1,00% de lisina total; Silva e Costa (2009) dividem a postura em duas fases – pré e pós pico de postura – e recomendam os níveis de 0,95 e 1,05% de lisina digestível, respectivamente e, por sua vez, Rostagno et al. (2011) sugere os níveis de 1,083%; 1,097% e 1,045% de lisina digestível ao dividir as aves em três grupos de acordo com a produtividade e o consumo de ração, afirmando que estas características interferem nas exigências nutricionais.

1.2 Literatura citada

- Andriguetto, J. M.; Pérly, L.; Minardi, I.; Gemael, A.; Flemming, J. S.; Souza, G. A. e Bona Filho, A. 1999. Nutrição animal. 6ed. Nobel, São Paulo.
- Andujar, M. M.; Navarro, M. P. e Varela, G. 1977. Effect of the Ca:P ratio on the utilisation of both nutrients by laying quail. *Revista Española de Fisiología* 33:305-310.
- Appelt, M. D. 2010. Níveis de lisina digestível em dietas para perus fêmeas. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- Attia, A. I.; Mahrose, K. M.; Ismail, I.E. e Abou-Kasem, D. E. 2012. Response of growing Japanese quail raised under two stocking densities to dietary protein e energy levels. *Egyptian Journal of Animal Production* 47:159-166.
- Attia, A. A. 2014. Lysine requirements of growing Japanese quail under Egyptian conditions. Dissertation (M.Sc.). Zagazig University, Egypt.
- Baião, N. C. e Lara, L. J. C. 2005. Oil e fat in broiler nutrition. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 7:129-141.
- Baker, D. H. 1994. Utilization of precursors for L-amino acids. p. 37-61. In: *Amino acids in farm animal nutrition*. CABI Press, Wallingford.
- Baker, D. H. e Han, Y. 1994. Ideal amino acid profile for chicks during the first three weeks post hatching. *Poultry Science Journal* 73:1441-1447.
- Batista, E. 2013. Exigência de lisina, arginina, valina e isoleucina digestível para codornas de corte. Tese (D.Sc.). Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR.
- Belo, M. T. S.; Cotta, J. T. B. e Oliveira, A. I. G. 2000. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. *Ciência e Agrotecnologia* 24:782-794.
- Bequette, B. J. 2003. Amino acids metabolismo in animals. 2nd ed. In: *Amino acids in animal nutrition*. CAB International, New York.
- Bertechini, A. G. 2010. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In: *Anais do 4º Simpósio Internacional e 3º Congresso Brasileiro de Coturnicultura*. Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.
- Broquist, H. P. 1991. Lysine-pipecolic acid metabolic relationships in microbes e mammals. *Annual Review of Nutrition* 11:435-448.
- Clayton, A. L.; Hazzalin, C. A. e Mahadevan, L. C. 2006. Enhanced histone acetylation e transcription: a dynamic perspective. *Molecular Cell* 23:289-296.
- Costa, F. G. P.; Rodrigues, V. P. e Goulart, C. C. 2008. Digestible lysine requirements for laying Japanese quails. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:2136-2140.

- D'Mello, J. P. F. e Lewis, D. 1971. Amino acid interactions in chick nutrition. 4. Growth, food intake e plasma amino acid patterns. *British Poultry Science* 12:345-358.
- D'Mello, J. P. F. 2003. Amino acid in farm animal nutrition. 2nd ed. CABI Press, Wallingford.
- Dusse, L. M. S.; Vieira, L. M. e Carvalho, M. 2003. Revisão sobre óxido nítrico. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial* 39: 343-350.
- Edache, J. A.; Musa, U.; Haruna, E. S.; Karsin, P. D.; Esilonu, J. O. e Jibrin, I. I. 2005. Calcium requirement of Japanese quails chicks in plateau state Nigeria. *Nigeria Journal of Animal Production* 32:246-252.
- Faria, D. E. e Santos, A. L. 2005. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. p. 229-315. In: *Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Fischle, W.; Wang, Y. e Allis, C. D. 2003. Histone e chromatin crosstalk. *Current Opinion in Cell Biology* 15:172-183.
- Freitas, A. C.; Fuentes, M. F. F.; Freitas, E. R.; Sucupira, F. S. e Oliveira, B. C. M. 2005. Efeito de níveis de proteína bruta e de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de codornas de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:838-846.
- Fouad, A. M. e El-Senousey, H. K. 2014. Nutritional Factors Affecting Abdominal Fat Deposition in Poultry: A Review. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 27:1057-1068.
- Gheisari, A.; Halaji, H. A.; Maghsoudinegad, G.; Toghyani, M.; Alibemani, A. e Saeid, S. E. 2011. Effect of different dietary levels of energy e protein on performance of japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). In: *Proceeding of the 2nd International Conference on Agricultural e Animal Science*, Singapore.
- González, F. H. D. e Silva, S. C. 2002. Bioquímica clínica de proteínas. p.1-17. In: *Bioquímica clínica veterinária*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Guaneing, W.; Gunawardana, P. K.; Bryant, M. M. e Roland SR, D. A. 2007. Effect of dietary energy e protein on performance, egg composition, egg solids, egg quality e profits of hy-line W-36 hens during phase 2. *International Journal of Poultry Science* 6:739-744.
- Hajkhodadadi, I.; Shivazad, M.; Moravvej, H. e Zare-Shahneh, A. 2013. Effect of dietary lysine on performance e immunity parameters of male e female Japanese quails. *African Journal of Agricultural Research* 8:113-118.
- Harmeyer, J. 2002. The physiological role of L-carnitine. *Lohmann-Information* 27:15-22.

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2014. Produção da Pecuária Municipal 2014. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 42:1-39.
- Kaur, S.; Mandal, A. B.; Singh, K. B. e Kadam, M. M. 2008. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels e graded essential amino acid levels on growth performance e immuno-competence. *Livestock Science* 117:255-262.
- Kaur, S. e Mandal, A. B. 2015. The performance of Japanese quail (white breasted line) to dietary energy e amino acid levels on growth e immuno-competence. *Nutrition e Food Sciences*. 5:1-7.
- Leeson, S. 1995. Nutrição e qualidade de carcaça de frangos de corte. p.111-118. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. FACTA, Curitiba-PR.
- Leeson, S. e Summers, J. D. 2001. *Nutrition of the chicken*. 4th ed. University Books, Guelph, Ontario.
- Leeson, S. e Summers, J. D. 2005. *Commercial poultry nutrition*. 3rd ed. University Books, Guelph, Ontario.
- Le Floch, N.; Melchior, D. e Obled, C. 2004. Modifications of protein e amino acid metabolism during inflammation e immune system activation. *Livestock Production Science* 87:37-45.
- Lima Neto, R. C. 2003. Níveis de proteína bruta e energia metabolizável para aves de reposição e no início da postura. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.
- Lima Neto, R. C.; Perazzo Costa, F. G.; Silva, J. H. V.; Barros, L. R.; Oliveira, C. F. S. e Costa, J. S. 2008. Níveis de proteína bruta e de energia metabolizável para frangas de postura semipesadas de 1 a 18 semanas de idade. *Ciência e Agrotecnologia* 32:258-266.
- Macari, M.; Furlan, R. L. e Gonzales, L. 2008. *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. FUNEP, Jaboticabal.
- Mahmood, M.; Saima, A. R.; Akram, M.; Pasha, T. N. e Jabbar, M. A. 2014. Effect of dietary energy levels on growth performance e feed cost analysis in Japanese quail. *Pakistan Journal of Zoology* 46:1357-1362.
- Manangi, M. K.; Hoewing, S. F. A.; Engels, J. G.; Higgins, A. D.; Killefer, J.; Wilson, M. E. e Blemings, K. P. 2005. Lysine α -ketoglutarate reductase e lysine oxidation are distributed in the extrahepatic tissues of chickens. *Journal of Nutrition* 135:81–85.
- Mattews, J. C. 2000. Amino acid e peptide transport systems I. p.1-22. In: *Farm animal metabolism e nutrition*. CABI International, New York.

- Mehri, M.; Jalilvand, G.; Ghazaghi, M.; Mahdavi, A. e Kasmani, F. B. 2013. Estimation of optimal lysine in quail chicks during the second e third weeks of age. *Italian Journal of Animal Science* 12:518-522.
- Mehri, M.; Kasmani, F. B. e Asghari-Moghadam, M. 2015. Estimation of lysine requirements of growing Japanese quail during the fourth e fifth weeks of age. *Poultry Science* 94:1923-1927.
- Moura, G. S. 2007. Avaliação de dietas de diferentes densidades energéticas para codorna japonesa em postura. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.
- Murakami, A. E. e Furlan, A. C. 2002. Pesquisa na nutrição e alimentação de codornas em postura no Brasil. p.113-120. In: *Anais do Simpósio Internacional de Coturnicultura*. Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Murarolli, R. A. 2007. Efeitos de diferentes relações dietéticas de energia metabolizável:proteína bruta e do peso inicial de pintos sobre o desempenho e o rendimento de carcaça em frangos de corte: I machos; II fêmeas. Dissertação (M.Sc.). Universidade de São Paulo, Pirassununga-SP.
- Nascimento, A. 2003. Lisina: principal aminoácido para deposição proteica. *Revista Ave World* 1:56-61.
- National Research Council - NRC. 1994. *Nutrient requirements of poultry*. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Neme, R.; Albino, L. F. T.; Rostagno, H. S.; Rodrigueiro, R. J. B. e Toledo, R. S. 2001. Determinação da biodisponibilidade da lisina sulfato e lisina hcl com frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30:1750-1 759.
- Oliveira, B. L. 2004. Importância do manejo na produção de ovos de codornas. p.91. In: *Anais do 2º Simpósio Internacional e 1º Congresso Brasileiro de Coturnicultura*. Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.
- Oliveira, E. G. e Almeida, M. I. M. 2004. Algumas informações sobre nutrição de codornas de corte. p.53-66. In: *Simpósio Internacional e Congresso Brasileiro de Coturnicultura*. Universidade Federal de Lavras/NECTA, Lavras-MG.
- Parizadian, B.; Ahangari, Y. J.; Shargh, M. S. e Sardarzadeh, A. 2011. Effects of different levels of L-carnitine supplementation on egg quality e blood parameters of laying japanese quail. *International Journal of Poultry Science* 10: 621-625.
- Patel, J.; Pathak, R. R. e Mujtaba, S. 2011. The biology of lysine acetylation integrates transcriptional programming e metabolism. *Nutrition & Metabolism* 8:1-12.
- Pinto, R.; Ferreira, A. S. e Albino, L. F. T. 2002. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1761-1770.

- Pinto, R.; Ferreira, A. S.; Donzele, J. L.; Silva, M. A.; Soares, R. T. R. N.; Custódio, G. S. e Pena, K. S. 2003. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1182-1189.
- Randall, M. e Bolla, G. 2008. Raising Japanese quail. 2nd ed. New South Wales Department of Primary Industries, Sydney.
- Reda, F. M.; Ashour, E. A.; Alagawany, M. e Abd El-Hack, M. E. 2015. Effects of dietary protein, energy e lysine intake on growth performance e carcass characteristics of growing japanese quails. *Asian Journal of Poultry Science* 9:155-164.
- Ribeiro, M. L. G.; Silva, J. H. V.; Dantas, M. O.; Costa, F. G. P.; Oliveira, S. F.; Jordão Filho, J. e Silva, E. L. 2003. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a fase de postura, em função do nível de proteína da ração. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:156-161.
- Ribeiro, C. L. N.; Barreto, S. L. T.; Reis, R. S.; Muniz, J. C. L.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Vargas Júnior, J. G. e Albino, L. F. T. 2013. Digestible lysine levels in diets for laying Japanese quails. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42:489-495.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Santomá, G. 1989. Nutrition of domestic quails. p.179-193. In: Proceedings of European Symposium on Poultry Nutrition, Barcelona.
- Scholtz, N.; Halle, I.; Flachowsky, G. e Sauerwein, H. 2009. Serum chemistry reference values in adult japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) including sex-related differences. *Poultry Science* 88:1186-1190.
- Silva, J. H. V. 2003. Tabela nacional de exigências nutricionais de codornas – Composição de alimentos e manejo produtivo. 2 ed. Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras.
- Silva, J. H. V.; Silva, M. B.; Jordão Filho, J.; Silva, E. L.; Andrade, I. S.; Melo, D. A.; Ribeiro, M. L. G.; Rocha, M. R. F.; Costa, F. G. P. e Dutra Junior, W. M. 2004. Exigências de manutenção e de ganho em proteína e energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 15 a 32 dias. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:1209-1219.
- Silva, J.H.V. e Costa, F.G.P. 2009. Tabela para codornas japonesas e europeias. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, SP.
- Shivazad, H. M.; Moravvej, H. e Zare-Shahneh, A. 2013. Effect of dietary lysine on performance e immunity parameters of male e female Japanese quails. *African Journal of Agricultural Research* 8:113-118.

- Smith, E.L.; Hill, R.L. e Lehman, I.R. 1988. Bioquímica dos mamíferos. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Tesseraud, S.; Temin, S.; Lê Bihan-Duval, E. e Chagneau, A. M. 2001. Increased responsiveness to dietary lysine deficiency of pectoralis major muscle protein turnover in broilers selected on breast development. *Journal of Animal Science* 79: 927-933.
- Tuleun, C. D.; Adenkola, Y. e Yenle, F. G. 2013. Performance e erythrocyte osmotic membrane stability of laying japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed varying dietary protein levels in a hot-humid tropics. *Agriculture e Biology Journal of North America* 4:6-13.
- Yu, D. J.; Na, J. C.; Choi, H. C.; Bang, H. T. e Kim, A. H. 2008. Effects of varying levels of dietary metabolizable energy e crude protein on performance e egg quality of organic laying hens. *Korean Journal of Poultry Science* 35:367-373.
- Zhao, S.; Xu, W.; Jiang, W.; Yu, W.; Lin, Y.; Zhang, T.; Yao, J.; Zhou, L.; Zeng, Y.; Li, H.; Li, Y.; Shi, J.; Na, W.; Hancock, S. M.; He, F.; Qin, L.; Chin, J.; Yang, P.; Chen, X.; Lei, Q.; Xiong, Y. e Guan, K. L. 2010. Regulation of cellular metabolism by protein lysine acetylation. *Science* 327:1000-1004.

II – OBJETIVOS GERAIS

Esta pesquisa apresentou como objetivo estimar a exigência nutricional de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fases de crescimento (cria e recria) e postura, visando a maximização do desempenho zootécnico.

2.1 Objetivos específicos

- Estimar as exigências de energia metabolizável e lisina digestível para o máximo desempenho de codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias de idade), recria (15 a 42 dias de idade) e postura (43 a 168 dias);
- Verificar o efeito dos diferentes níveis de energia metabolizável e lisina digestível sobre a composição química corporal, a taxa de deposição de proteína e gordura corporal, a energia retida na carcaça, peso de órgãos (coração, fígado, moela,

intestino delgado, ovário e oviduto) e parâmetros sanguíneos de codornas japonesas aos 14 e 42 dias de idade;

- Verificar o efeito dos diferentes níveis de energia metabolizável e lisina digestível sobre características ósseas de codornas japonesas aos 14, 42 e 168 dias de idade;
- Verificar o efeito dos diferentes níveis de energia metabolizável e lisina digestível sobre a produção e qualidade de ovos de codornas japonesas em postura (43 a 168 dias de idade).

III – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em crescimento²

RESUMO – Este trabalho objetivou estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 42 dias) e verificar suas implicações na composição química corporal, peso relativo dos órgãos, parâmetros sanguíneos e ósseos. O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2830, 2970, 3110 e 3250 kcal de EM kg⁻¹ x LD = 0,90; 1,07; 1,24 e 1,41%), perfazendo 16 tratamentos com 3 repetições cada, contendo 50 codornas por unidade experimental na fase de cria, totalizando 2400 aves, com peso médio inicial de 7,05±0,08g e 35 codornas por unidade experimental na fase de recria, totalizando 1680 aves com peso médio inicial de 21,47±1,29g. Não foi verificada interação entre os fatores sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de 1 a 14 dias de idade, sendo que as variáveis peso médio, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar apresentaram efeito quadrático tanto para EM quanto para LD. Nesta fase, o extrato etéreo da carcaça e o índice de Seedor do fêmur e da tíbia exibiram interação significativa e o peso relativo do fígado apresentou efeito linear da LD. Na fase de 15 a 42 dias houve interação dos fatores para ganho de peso e consumo de ração. A conversão alimentar apresentou efeito quadrático de ambos os fatores e o peso médio foi influenciado de modo quadrático pela EM, que também influenciou de modo quadrático o índice de Seedor nos dois ossos e a densidade óssea do fêmur. Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos

² Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

sobrepostos, os níveis de 3030 kcal de EM kg⁻¹ e 1,221% de LD foram estimados para a fase de cria e os níveis de 3055 kcal de EM kg⁻¹ e 1,202% de LD foram estimados para a fase de recria.

Palavras-chave: desenvolvimento corporal, efeito residual, gráfico de contornos sobrepostos

III – Metabolizable energy and digestible lysine requirements for growing Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)

ABSTRACT – This study aimed to estimate the nutritional requirements of metabolizable energy (ME) and digestible lysine (DL) for growing Japanese quails (1-14 d old and 15-42 d old) and verify its implications on body chemical composition, relative organ weights, blood and bones parameters. The experimental design was the complete randomized in a 4 x 4 factorial (ME = 2830, 2970, 3110 and 3250 kcal kg⁻¹ x DL = 0.90, 1.07, 1.24 and 1.41%), totaling 16 treatments with 3 replicates each and 50 quails per experimental unit from 1 to 14 d old; totaling 2,400 birds with an average initial weight of 7.05±0.08 g and 35 quails per experimental unit from 15 to 42 d old, totaling 1,680 birds with an average initial weight of 21.47±1.29g. There was no interaction between the factors on the performance of Japanese quails in the 1-14 days old phase, and the average weight, weight gain, feed intake and feed conversion showed quadratic effect for ME and DL. The carcass ethereal extract and the Seedor index of the femur and tibia showed significant interaction and the relative weight of the liver showed a linear effect for DL in the 1-14 days phase. In the 15-42 days phase there was interaction for weight gain and feed intake. The feed conversion showed quadratic effect of factors and the average weight was quadratically influenced by ME, which also influenced in a quadratic way the Seedor index in both bones and the bone density of the femur. Considering the obtained estimates by means of overlaid contours plots, the levels of 3030 kcal ME kg⁻¹ and 1.221% DL were estimated for initial phase and the levels of 3055 kcal ME kg⁻¹ and 1.202% DL were estimated for the growing phase.

Keywords: body development, residual effect, overlaid contours plot

3.1. Introdução

As codornas japonesas possuem amadurecimento precoce, portanto, as fases de cria e recria demandam cuidados importantes no alojamento, manejo e especialmente na nutrição, de modo que o atendimento das exigências nutricionais no período anterior à fase de postura é essencial para o bom desenvolvimento e adequada produção de ovos.

Para o correto balanceamento de uma dieta, os níveis de energia metabolizável (EM) devem estar de acordo com o fornecimento de nutrientes essenciais, uma vez que existe uma relação muito estreita entre eles. Por este motivo, tanto o volume consumido quanto a concentração de nutrientes totais são inversamente relacionados com o nível de energia (Slagator e Waldroup, 1990). Assim, níveis muito elevados de energia irão resultar em diminuição da disponibilidade de nutrientes e elevação do custo de produção, prejudicando o correto manejo durante o crescimento.

Assumindo esta relação entre a EM da ração e os nutrientes que a compõe, Kaur et al. (2008) estudaram a resposta de codornas em crescimento a níveis de aminoácidos essenciais em diferentes níveis de energia sobre o desempenho e imunidade, e concluíram que o nível ótimo de EM da dieta foi de 2700 kcal de EM kg⁻¹ com 25,83% de proteína bruta; 1,49% de lisina total; 0,58% de metionina total e 1,17% de treonina total para uma melhor conversão alimentar desde o alojamento até a quinta semana de idade.

Dentre os nutrientes da dieta, a lisina é o aminoácido referência para a formulação de dietas sob o conceito da proteína ideal, e requer precisão na determinação das suas exigências para cada uma das fases de criação, já que os demais aminoácidos estarão relacionados a ela (Moura, 2005; Goulart et al., 2008). Entre as funções mais importantes da lisina estão sua participação na deposição de proteína corporal, formação da matriz

óssea em animais jovens (Ribeiro et al., 2003) e na síntese de carnitina, que atua no transporte de ácidos graxos para a β -oxidação na mitocôndria (Barreto et al., 2006).

Recentemente, estudos têm sido realizados com o intuito de estimar a exigência de lisina para codornas japonesas em crescimento, como os de Mehri et al. (2013) e Mehri et al. (2015), que indicaram os níveis de lisina digestível (LD) iguais a 1,34% e 1,36%; respectivamente, para codornas de 7 a 21 e de 21 a 35 dias de idade. Porém, a grande maioria dos autores apresentam as exigências em aminoácidos no seu conteúdo total, seguindo a metodologia empregada pelo NRC (1994), acarretando a necessidade de se considerar o nível de lisina digestível, pois as formulações nutricionais atualmente atendem apenas as exigências em aminoácidos digestíveis.

Propondo maximizar a resposta dos animais ao determinar as exigências nutricionais, o uso de gráficos de contornos sobrepostos substitui a escolha de uma única variável para a estimativa das exigências nutricionais por uma combinação das respostas das variáveis, transferindo para as pesquisas em nutrição animal um método amplamente utilizado em diversos trabalhos voltados à indústria em geral (Azeredo et al., 2010; Souid et al., 2012; Taccari et al., 2012; Zainal et al., 2014; Hasniyati et al., 2015).

Deste modo, o objetivo deste trabalho foi estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fases de cria (1 a 14 dias) e recria (14 a 42 dias), visando à maximização do desempenho zootécnico por meio de gráficos de contornos sobrepostos.

3.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 4066080715/2015).

Este estudo foi concebido entre os meses de julho a agosto de 2014 e consistiu na determinação das exigências nutricionais de EM e LD para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias) e de recria (15 a 42 dias).

3.2.1. Animais, instalações e manejo

O experimento foi conduzido no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá e subdividido em duas fases: cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 42 dias).

Codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 1 dia de idade, fêmeas, foram adquiridas de criatório comercial (linhagem Vicami®, Assis-SP) e criadas em boxes de 2,5 m² em galpão convencional com cobertura de telha francesa, piso de terra batida com cama de palha de arroz, paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis.

As aves utilizadas para a determinação das exigências nutricionais de EM e LD, na fase de 1 a 14 dias de idade, foram alojadas de acordo com o delineamento experimental adotado e as codornas utilizadas para a fase de 15 a 42 dias foram alojadas e criadas separadamente, a fim de se evitar possíveis efeitos residuais dos tratamentos da fase de cria.

Água e ração foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental, em comedouros do tipo bandeja e bebedouros infantis até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros tubulares e bebedouros automáticos pendulares até os 42 dias. Na fase inicial de criação (até os 14 dias), foram utilizados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, e como fonte de aquecimento foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) por 24 horas, até o 10º dia de idade.

Os dados médios de temperatura e umidade relativa do ar foram registrados no início da manhã e no final da tarde, com auxílio de termohigrômetros de bulbo seco, localizados em três pontos do galpão. O programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural, com fotoperíodo médio de onze horas diárias de luz.

3.2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2830, 2970, 3110 e 3250 kcal EM kg⁻¹ x LD = 0,90; 1,07; 1,24 e 1,41%), perfazendo 16 tratamentos com 3 repetições cada, contendo 50 codornas por unidade experimental na fase de cria, totalizando 2400 aves, com peso médio inicial de 7,05±0,08g e 35 codornas por unidade experimental na fase de recria, totalizando 1680 aves com peso médio inicial de 21,47±1,29g.

As rações foram formuladas considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para o perfil de aminoácidos do milho, farelo de soja e do glúten de milho, que foram previamente determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) pela Ajinomoto Animal Nutrition (São Paulo, Brasil).

Em ambas as fases, as codornas receberam as mesmas rações (Tabelas 1 e 2), entretanto, para as codornas utilizadas no experimento da fase de recria foi ofertada uma dieta à base de milho e farelo de soja, até os 14 dias de idade (Tabela 3), seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2011).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria

EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250			
Lisina digestível (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41
Milho grão	59,56	59,56	59,56	59,56	58,90	58,90	58,90	58,90	58,24	58,24	58,24	58,24	57,59	57,59	57,59	57,59
Farelo de soja 46%	28,65	28,65	28,65	28,65	28,69	28,69	28,69	28,69	28,73	28,73	28,73	28,73	28,77	28,77	28,77	28,77
Glúten de milho 67%	4,26	3,94	3,61	3,28	4,31	3,98	3,65	3,32	4,36	4,03	3,70	3,37	4,41	4,08	3,75	3,42
Óleo de soja	0,00	0,04	0,07	0,11	1,81	1,85	1,89	1,93	3,63	3,67	3,70	3,74	5,44	5,48	5,52	5,56
Inerte ²	3,74	3,80	3,85	3,91	2,49	2,55	2,61	2,66	1,25	1,30	1,36	1,41	0,000	0,06	0,11	0,17
Calcário calcítico	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
Fosfato bicálcico	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
DL-Metionina 99%	0,17	0,17	0,18	0,19	0,17	0,17	0,18	0,19	0,17	0,17	0,18	0,19	0,17	0,17	0,18	0,19
L-Lisina HCL 78%	0,00	0,22	0,44	0,66	0,00	0,22	0,44	0,66	0,00	0,22	0,44	0,66	0,00	0,22	0,44	0,66
L-Treonina 99%	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15	0,14	0,14	0,15	0,15
L-Triptofano 99%	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sal comum	0,40	0,31	0,22	0,13	0,40	0,31	0,21	0,12	0,40	0,30	0,21	0,12	0,40	0,30	0,21	0,12
Bicarbonato de sódio	0,00	0,09	0,19	0,20	0,00	0,09	0,18	0,27	0,00	0,09	0,19	0,28	0,00	0,10	0,19	0,28
Suplemento vit/min ³	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
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	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Energia Metabolizável; ²Areia lavada; ³Suplemento vitamínico e mineral – Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxil Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g

Tabela 2. Composição nutricional* das rações experimentais para codornas japonesas nas fases de cria e recria

EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250			
Lisina digestível (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41
EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2830	2830	2830	2830	2970	2970	2970	2970	3110	3110	3110	3110	3250	3250	3250	3250
Proteína bruta (%)	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Cálcio (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Fósforo disponível (%)	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Met+cis ² digestível (%)	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Treonina digestível (%)	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79	0,79
Triptofano digestível (%)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Arginina digestível (%)	1,18	1,17	1,17	1,16	1,18	1,17	1,17	1,16	1,18	1,17	1,17	1,16	1,18	1,17	1,17	1,16
Sódio (%)	0,18	0,16	0,15	0,14	0,18	0,16	0,15	0,14	0,18	0,16	0,15	0,14	0,18	0,16	0,15	0,14
Cloro (%)	0,29	0,27	0,26	0,23	0,29	0,27	0,26	0,23	0,29	0,27	0,26	0,23	0,29	0,27	0,26	0,23
Potássio (%)	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
BED ³ (mEq kg ⁻¹)	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174

*Valores calculados; ¹Energia Metabolizável; ²Metionina + cistina; ³Balanço eletrolítico da dieta: pode ser definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da dieta e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): $BED = (\text{mg/kg de Na}^+ \text{ da ração}/22,990) + (\text{mg/kg de K}^+ \text{ da ração}/39,102) - (\text{mg/kg de Cl}^- \text{ da ração}/35,453)$

Tabela 3. Composição centesimal e nutricional da ração basal para codornas japonesas na fase de cria

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho grão	58,23
Farelo de soja 46%	37,15
Óleo de soja	0,92
Fosfato bicálcico	1,40
Calcário Calcítico	1,20
DL-Metionina 99%	0,17
L-Lisina HCL 78%	0,06
L-Treonina 99%	0,08
Sal comum	0,39
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,40
Total	100,00
Valores Calculados	
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	2900
Proteína bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,90
Fósforo disponível (%)	0,37
Sódio (%)	0,18
Cloro (%)	0,30
Metionina + cistina digestível (%)	0,76
Lisina digestível (%)	1,12
Treonina digestível (%)	0,79
BED ² (mEq kg ⁻¹)	230

¹Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g²Balanco eletrolítico da dieta: pode ser definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da dieta e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): $BED = (mg/kg \text{ de } Na^+ \text{ da ração}/22,990) + (mg/kg \text{ de } K^+ \text{ da ração}/39,102) - (mg/kg \text{ de } Cl^- \text{ da ração}/35,453)$

3.2.3. Características de desempenho

As codornas e as rações foram pesadas no início do experimento e ao final de cada fase experimental (cria e recria) para avaliação das características de desempenho: peso médio final (g), ganho de peso (g), consumo de ração (g) e conversão alimentar (g/g). As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração, de acordo com Sakomura e Rostagno (2016).

3.2.4. Composição química, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça

A composição química corporal foi determinada ao final de cada fase experimental. Aos 14 dias, dez aves por unidade experimental foram selecionadas e aos 42 dias de idade, três aves por unidade experimental foram selecionadas (de acordo com o peso médio – $\pm 5\%$) e sacrificadas, de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais.

As carcaças inteiras foram congeladas (com penas, vísceras, pés e cabeça) e posteriormente descongeladas, pesadas, pré-moídas em moinho industrial, homogeneizadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C, por 72 horas. Em seguida, foram moídas e conduzidas ao Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia para as análises de composição química.

De acordo com as metodologias descritas por AOAC (2005), foram determinados os teores de matéria seca (925-09), matéria mineral (923-03), proteína bruta (920-87) e extrato etéreo (920-85).

A partir dos dados obtidos por meio da análise de composição química corporal das aves, aos 14 e aos 42 dias de idade, e de um grupo adicional de 30 codornas abatidas ao nascimento, foi possível determinar a taxa de deposição de proteína (TDP) e de gordura (TDG)

corporal (g/dia) utilizando a metodologia adaptada de Fraga et al. (2008), onde $TDP = (QPcf - QPci)/PE$ e $TDG = (QGcf - QGci)/PE$; em que: QPcf e QGcf são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça final; QPci e QGci são, respectivamente, a quantidade, em gramas, de proteína e gordura na carcaça inicial e PE representa o período experimental em dias.

A partir dos valores obtidos para a TDP e a TDG procedeu-se ao cálculo da energia retida na carcaça (ERC), de acordo com a equação proposta por Sakomura (2004), em que $ERC = (5,66 \times TDP) + (9,37 \times TDG)$, sendo que 5,66 e 9,37 representam, respectivamente, os valores energéticos (em kcal g⁻¹) da proteína e da gordura.

3.2.5. Parâmetros bioquímicos sanguíneos

As codornas foram selecionadas dentro do peso médio da repetição ($\pm 5\%$) e submetidas a um prévio jejum alimentar de 6 horas com a finalidade de quantificar os níveis séricos de albumina, proteína total, ácido úrico, colesterol e fosfatase alcalina, além de calcular o nível de globulina (globulina = proteína total - albumina) e a relação albumina/globulina, realizou-se a colheita de sangue de 4 e 2 aves por unidade experimental, aos 14 e 42 dias de idade, respectivamente.

A colheita de sangue foi realizada pela veia ulnar, sendo as amostras acondicionadas em tubos de ensaio e centrifugadas imediatamente a 3000 rpm por 15 minutos. Após a separação, o soro foi acondicionado em tubos eppendorf identificados e armazenados a -10 °C até a realização das análises em espectrofotômetro (Modelo Bioplus 2000) utilizando kits comerciais (Gold Analisa Diagnóstica Ltda) específicos para cada parâmetro.

3.2.6. *Peso relativo de órgãos*

Duas aves por unidade experimental, aos 14 e aos 42 dias de idade, foram sacrificadas de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais, e evisceradas por meio de corte abdominal para a extração do coração, fígado, moela e intestino delgado aos 14 e 42 dias, além do ovário e do oviduto somente aos 42 dias, os quais foram pesados em balança de precisão para posterior obtenção de seus pesos relativos, calculados como segue: $\text{Peso relativo do órgão} = (\text{Peso do órgão (g)} / \text{Peso da ave (g)}) \times 100$.

3.2.7. *Parâmetros ósseos*

Das mesmas aves empregadas na colheita de sangue e dos órgãos, aos 14 e 42 dias de idade, procedeu-se à colheita da tíbia e do fêmur da perna esquerda, para realização das análises referentes aos parâmetros ósseos (Índice de Seedor, densidade óptica radiográfica, resistência óssea e teor de cinzas). Após a colheita, os ossos foram congelados (-18 °C) e posteriormente procedeu-se à retirada do tecido muscular, pesagem em balança de precisão e mensuração do comprimento (mm) com paquímetro digital (Digimess, com precisão de 0,02 mm), para cálculo do Índice de Seedor, proposto por Seedor et al. (1996), onde: $\text{Índice de Seedor} = \text{Peso (mg)} / \text{Comprimento (mm)}$.

Para as demais características, os ossos foram desengordurados por imersão em éter de petróleo por 24 horas, pré-secos por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 55° C. Para a mensuração da densidade óptica radiográfica (mm Eq Al^{-1}), a captura de imagens foi realizada na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá, onde os ossos foram colocados sobre filme periapical (Kodak® Intraoral E-Speed Film) juntamente com numeração metálica para identificação e escala de alumínio de 10 degraus com espessura de 1 mm entre um degrau e outro. Em seguida, as amostras foram radiografadas (raios-x odontológico

DabiAtlante®, modelo Spectro 70X eletrônico, operando a 70 kVp, 7 mA), utilizando tempo de exposição de 0,2 segundos e distância foco-filme de 6 cm, previamente determinados.

Após a obtenção das radiografias, o processamento das películas radiográficas foi realizado por meio de uma processadora automática (Revel Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda), com soluções Kodak RP X-Omat, digitalizadas por meio de scanner e gravadas em arquivos com extensão JPEG. A leitura das imagens foi realizada por meio do software Adobe Photoshop® CS6, utilizando a ferramenta histograma, a qual é baseada em uma escala de cinza, contendo 256 tons, no qual o zero representa o preto e o 256 representa o branco. A densidade óptica radiográfica foi obtida comparando a área de três pontos centrais do osso (10 pixels x 10 pixels) com um ponto do 3º degrau da escala de alumínio e calculada de acordo com a equação: Densidade óptica radiográfica (mm Eq Al^{-1}) = (3 x média dos três pontos do osso / medida do 3º degrau).

As estimativas de resistência óssea (kgf) foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá por meio de prensa para ensaios de resistência à compressão simples. Os ossos foram posicionados na posição ântero-posterior, apoiados na região das epífises, aplicado uma força na região central através de sonda com velocidade de 5 mm.s^{-1} e carga de 500 N, sendo registrada a força exercida no momento da quebra óssea, para compor a equação: Resistência óssea (kgf) = (0,1693 x força de quebra) + 0,3786.

Após a determinação da resistência óssea, seguindo as metodologias do AOAC (2005), foram determinadas a matéria seca (925-09) e a concentração de matéria mineral (923-03) da tíbia e fêmur juntos.

3.2.8. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013). Para o teste dos efeitos ($P < 0,05$); foi adotado o modelo abaixo descrito, e em seguida, foi verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

$$Y_{ijk} : \mu + I_i + \beta_j + (I\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

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

μ = constante geral;

I_i = efeito da lisina digestível (LD);

β_j = efeito da energia metabolizável (EM);

$(I\beta)_{ij}$ = efeito da interação entre lisina digestível (LD) e energia metabolizável (EM);

ε_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação, supondo ser independente e identicamente distribuído com distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Havendo efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$), procedeu-se às análises de regressão polinomial para os níveis de lisina digestível e energia metabolizável, buscando estimar o modelo de melhor ajuste dos polinômios, de acordo com Montgomery (2013):

$$Y : \beta_0 + \beta_1 LD + \beta_2 LD^2 + \beta_3 EM + \beta_4 EM^2 + \beta_5 LD \times EM + \varepsilon$$

A exigência nutricional para cada variável significativa foi determinada em função do modelo quadrático, conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2016).

3.2.9. Gráficos de contornos sobrepostos

Após a determinação dos modelos de regressão para as variáveis de desempenho e o cálculo das estimativas de exigências nutricionais de EM e LD, as variáveis ganho de peso e conversão alimentar foram selecionadas para elaboração de um gráfico de contornos (ou curvas de nível) sobrepostos para as equações obtidas, por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013).

Estes gráficos apresentam a visão superior de um gráfico de superfície, exibindo os limites para as equações em função dos fatores contínuos nos eixos, sendo que as linhas conectam pontos interpolados de igual valor, enfatizando a região viável, ou seja, a região onde a resposta para a equação está dentro de seus limites.

Para obtenção das linhas de contorno no R, faz-se necessário a implementação das equações do modelo estatístico ajustado para as variáveis de desempenho significativamente quadráticas, e do intervalo de dados utilizado para a obtenção destas (ou seja, os limites utilizados nos experimentos para EM e LD, sendo: 2830 a 3250 kcal de EM kg⁻¹ e 0,90 a 1,41% de LD), o software constrói uma malha de dados com as estimativas do resultados das equações para cada variável.

Em seguida, as linhas de resposta para cada equação são sobrepostas em um gráfico. As respostas são definidas a partir do desdobramento da equação estimada para cada variável e obtenção do ponto de máximo (ou de mínimo, dependendo da variável). Após a visualização das linhas de contorno do gráfico, identifica-se a área de intersecção das mesmas (que satisfaz

simultaneamente todas as funções sobrepostas) e procede-se à estimativa dos valores a que correspondem nos eixos, representados pelos valores de EM e LD.

3.3. Resultados

Não foi verificada interação entre os fatores energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de cria (Tabela 4), mas o peso médio, o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar apresentaram efeito quadrático para EM e para LD (Figura 1). Os níveis ótimos estimados para LD e EM foram: 1,13% de LD e 3064 kcal EM kg⁻¹ para peso médio; 1,13% de LD e 3085 kcal de EM kg⁻¹ para ganho de peso; 1,27% de LD e 3094 kcal de EM kg⁻¹ para consumo de ração e 1,19% de LD e 2941 kcal de EM kg⁻¹ para conversão alimentar.

Na fase de recria (Tabela 5) houve interação dos fatores sobre o ganho de peso (que possibilitou estimar as exigências de EM em 2986 kcal kg⁻¹ e de LD em 1,27%) e o consumo de ração (estimando apenas o nível ótimo de EM em 2958 kcal kg⁻¹). A conversão alimentar apresentou efeito quadrático para ambos os fatores, de modo que a exigência de LD foi estimada em 1,19% e a de EM em 2941 kcal de EM kg⁻¹ (Figura 2). De modo quadrático, a EM apresentou efeito para o peso médio, com nível ótimo estimado em 3069 kcal de EM kg⁻¹.

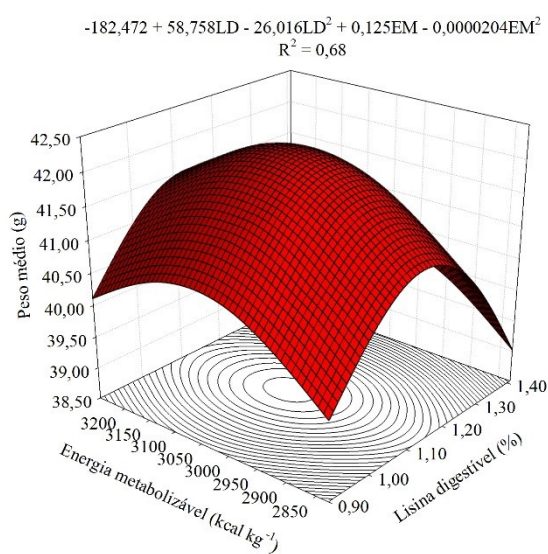
Para garantir a interpretação mais adequada para as variáveis dependentes por meio de análise combinada de múltiplas respostas, os gráficos de contornos sobrepostos foram aplicados como alternativa, possibilitando a estimativa das exigências de EM e LD para a fase de cria como sendo 3030 kcal de EM.kg⁻¹ e 1,221% de LD (Figura 3) e para a fase de recria igual a 3055 kcal de EM.kg⁻¹ e 1,202% de LD (Figura 4).

Tabela 4. Desempenho médio de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

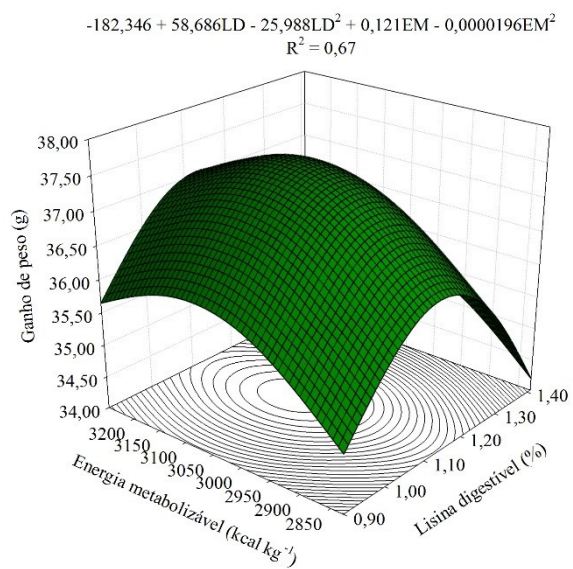
EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
PM (g)	41,47	43,01	42,35	41,48	42,14	43,39	43,08	41,93	42,57	45,16	44,67	42,06	42,85	43,51	42,64	41,30	0,186
GP (g)	34,52	36,03	35,34	34,39	35,12	36,35	36,00	34,93	35,39	38,10	37,62	34,98	35,80	36,42	35,56	34,28	0,185
CR (g ave ⁻¹)	119,57	119,12	109,85	114,08	118,24	116,14	109,12	114,00	118,65	113,92	108,32	112,61	119,43	114,27	111,21	113,09	0,547
CA (g g ⁻¹)	3,47	3,31	3,11	3,32	3,37	3,20	3,03	3,26	3,35	2,99	2,88	3,22	3,34	3,14	3,13	3,30	0,024
Equações de Regressão	Valor de P			R ²	Estimativas												
	LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)											
PM = -182,472 + 58,758LD - 26,016LD ² + 0,125EM - 0,0000204EM ²	<0,001(Q)	0,004(Q)	0,144	0,68	1,13	3064											
GP = -182,346 + 58,686LD - 25,988LD ² + 0,121EM - 0,0000196EM ²	<0,001(Q)	0,006(Q)	0,202	0,67	1,13	3085											
CR = 500,374 - 151,811LD + 59,905LD ² - 0,190EM + 0,0000307EM ²	<0,001(Q)	0,053(Q)	0,774	0,94	1,27	3094											
CA = 32,910 - 14,449LD + 5,867LD ² - 0,015EM + 0,00000255EM ²	<0,001(Q)	0,007(Q)	0,144	0,84	1,23	2941											

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; PM: peso médio; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração diário; CA: conversão alimentar; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

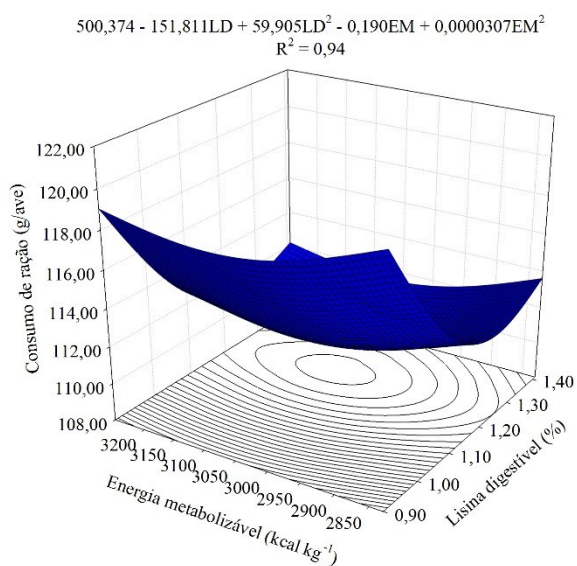
(a)



(b)



(c)



(d)

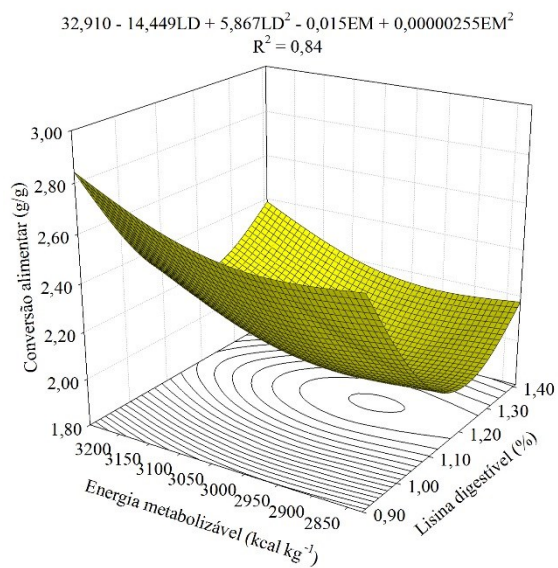


Figura 1. Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) de codornas japonesas, de 1 a 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

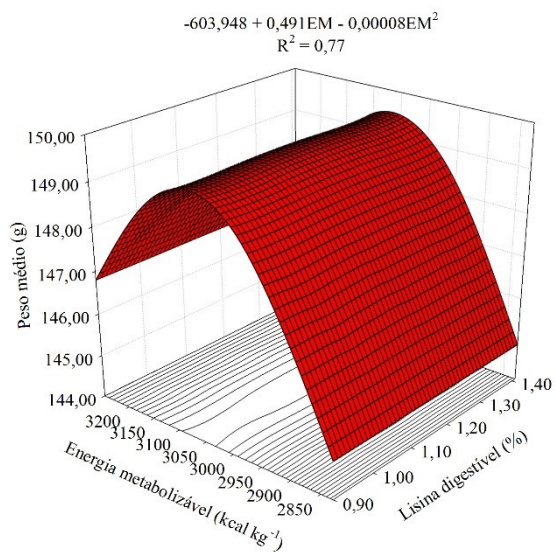
Tabela 5. Desempenho médio de codornas japonesas, de 15 a 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
PM (g)	141,68	142,96	139,93	139,46	141,32	141,62	143,91	144,24	145,61	146,50	147,22	141,46	139,20	139,47	140,78	143,20	0,409
GP (g)	110,21	99,94	97,58	97,88	99,18	98,23	100,83	102,82	103,04	101,34	102,54	99,41	96,35	95,96	98,14	101,93	0,359
CR (g ave ⁻¹)	485,56	457,66	446,67	444,62	482,59	452,05	444,88	443,88	475,12	453,98	439,64	446,64	473,99	449,71	443,48	462,94	2,171
CA (g.g ⁻¹)	4,85	4,58	4,58	4,54	4,87	4,60	4,41	4,34	4,61	4,48	4,29	4,49	4,92	4,69	4,52	4,54	0,027

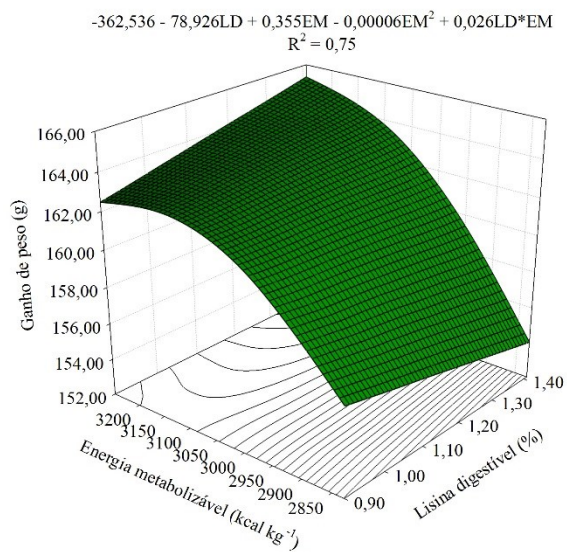
Equações de Regressão	Valor de P			R ²	Estimativas	
	LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)
PM = -603,948 + 0,491EM - 0,00008EM ²	0,412	<0,001(Q)	0,088	0,77	-	3069
GP = -362,536 - 78,926LD + 0,355EM - 0,00006EM ² + 0,026LD*EM	0,014(L)	0,003 (Q)	0,012 (L)	0,75	-	2958
CR=2104,937-1086,083LD+275,245LD ² -0,654EM+0,000082EM ² +0,129LD*EM	<0,001(Q)	0,0171(Q)	<0,001(L)	0,95	1,27	2986
CA = 41,113- 5,728LD+2,191LD ² - 0,0217EM + 0,0000036EM ²	<0,001(Q)	0,0483(Q)	0,075	0,88	1,31	3014

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; PM: peso médio; GP: ganho de peso; CR: consumo de ração diário; CA: conversão alimentar; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

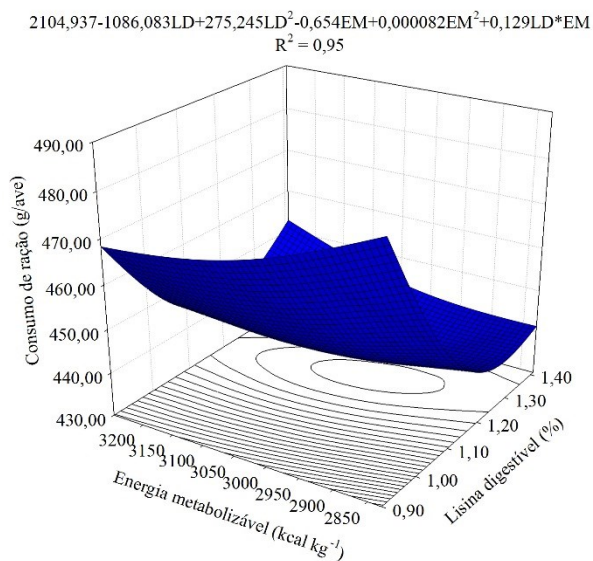
(a)



(b)



(c)



(d)

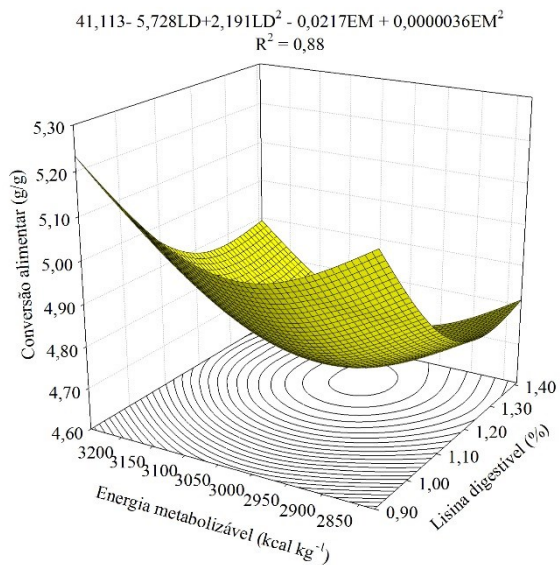


Figura 2. Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) de codornas japonesas, de 15 a 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

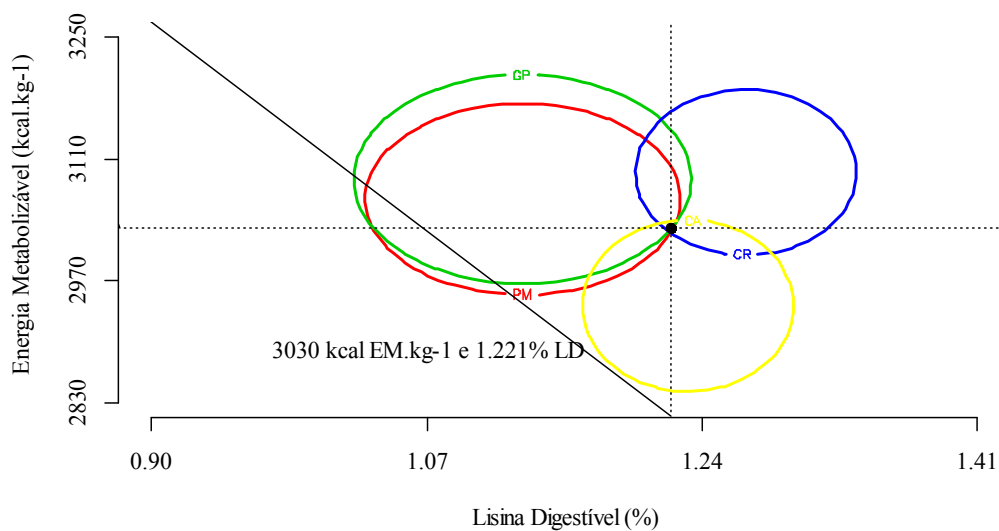


Figura 3. Contornos sobrepostos do Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) indicando a estimativa de energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas de 1 a 14 dias de idade

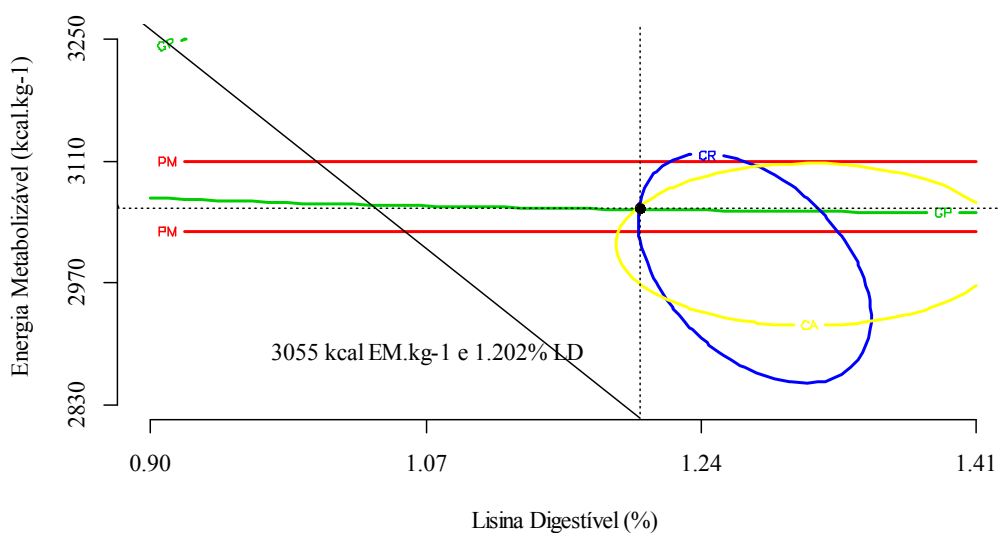


Figura 4. Contornos sobrepostos do Peso médio (a), Ganho de peso (b), Consumo de ração (c) e Conversão alimentar (d) indicando a estimativa de energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas de 15 a 42 dias de idade

Dentre as variáveis de composição química, taxa de deposição de proteína e gordura e energia retida na carcaça para ambas as fases, apenas a concentração de extrato etéreo da carcaça, aos 14 dias de idade, sofreu interferência dos fatores LD e EM, havendo interação significativa (Tabela 6). Foi constatado efeito linear decrescente da LD sobre o peso relativo do fígado das aves, aos 14 dias de idade (Tabela 7). Para os demais pesos relativos dos órgãos e com relação aos parâmetros bioquímicos sanguíneos, não foi observado efeito significativo sobre qualquer variável analisada em ambas as fases (Tabela 8).

Os dados obtidos para os parâmetros ósseos na fase de cria (Tabela 9) indicaram interação da LD e EM para o índice de Seedor tanto da tíbia, de modo linear, como do fêmur, com efeito quadrático, propiciando o estabelecimento dos níveis de 0,86% de LD e 3267 kcal de EM kg^{-1} . A resistência óssea do fêmur também apontou interferência da LD, porém de modo linear crescente. Ao mesmo tempo, o conteúdo de matéria mineral dos ossos apresentou variação quadrática em função da EM, indicando que a máxima concentração mineral pode ser obtida com 2942 kcal de EM kg^{-1} .

Para a fase de recria (Tabela 10), apenas a EM demonstrou efeito sobre o índice de Seedor para os dois ossos, contudo, de modo quadrático, o qual por derivação dos dados resultou no nível de 2973 kcal de EM kg^{-1} para a tíbia e 2944 kcal de EM kg^{-1} para o fêmur. A densidade óssea do fêmur também apresentou efeito quadrático da EM, estabelecendo o nível de 2721 kcal de EM kg^{-1} como ideal.

Tabela 6. Composição química¹, taxa de deposição de proteína e de gordura e energia retida na carcaça de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP					
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41						
14 dias																						
PB (%)	62,25	63,35	59,23	61,35	64,25	62,43	61,03	65,90	58,18	58,39	58,81	60,46	60,96	58,06	62,04	60,61	0,648					
EE (%)	15,53	13,82	18,05	15,86	15,61	16,98	15,70	15,82	19,00	18,78	15,43	17,53	19,34	19,35	16,27	16,05	0,297					
MM (%)	12,70	11,61	12,46	13,26	12,02	12,52	11,81	12,33	12,20	11,58	11,65	11,65	11,21	11,50	11,92	11,91	0,101					
TDP (g d ⁻¹)	0,41	0,43	0,40	0,47	0,43	0,46	0,40	0,47	0,38	0,41	0,39	0,41	0,37	0,37	0,40	0,39	0,007					
TDG (g d ⁻¹)	0,10	0,09	0,11	0,11	0,10	0,12	0,10	0,11	0,13	0,14	0,10	0,11	0,12	0,13	0,10	0,10	0,003					
ERC (kcal g ⁻¹)	3,29	3,28	3,28	3,57	3,38	3,74	3,22	3,72	3,34	3,57	3,18	3,29	3,27	3,33	3,24	3,21	0,050					
42 dias																						
PB (%)	64,86	58,61	60,54	61,14	58,03	62,09	58,99	62,48	62,20	62,03	64,89	61,12	58,64	63,77	67,47	60,54	0,603					
EE (%)	13,33	15,04	13,62	16,46	18,31	14,17	17,27	14,88	15,74	15,23	12,82	16,01	15,23	12,36	13,68	18,43	0,490					
MM (%)	11,07	10,86	10,96	11,06	10,69	10,55	11,29	10,83	10,92	11,80	11,15	10,88	10,23	10,06	11,64	11,05	0,134					
TDP (g d ⁻¹)	0,55	0,48	0,51	0,52	0,53	0,52	0,52	0,52	0,57	0,56	0,57	0,53	0,49	0,54	0,57	0,58	0,007					
TDG (g d ⁻¹)	0,10	0,13	0,11	0,15	0,19	0,11	0,16	0,12	0,13	0,12	0,10	0,14	0,11	0,08	0,10	0,19	0,008					
ERC (kcal g ⁻¹)	4,04	4,42	3,89	3,70	4,73	3,95	4,45	4,14	4,43	4,28	4,14	4,27	3,81	3,77	4,21	4,57	0,065					
Equações de Regressão	Valor de P																					
		LD				EM				LD*EM				R ²	Estimativas							
															LD (%)				EM (kcal kg ⁻¹)			
EE (14 dias) = - 4,951 + 0,0087EM - 0,0015LD*EM		0,140				<0,001(L)				0,004(L)				0,55	-				-			

¹Dados apresentados em valores de matéria natural; EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça; L: efeito linear; NS: não significativo

Tabela 7. Peso relativo de órgãos de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
14 dias																	
Coração (%)	0,96	1,02	0,97	1,00	1,06	1,04	1,11	1,01	0,97	1,16	1,05	1,05	1,15	1,22	1,16	1,16	0,021
Fígado (%)	2,76	2,92	2,73	2,71	4,25	3,12	2,84	2,88	3,54	3,06	2,85	3,05	3,45	3,25	3,32	2,71	0,073
Moela (%)	3,32	3,70	3,15	3,23	3,29	3,20	2,92	3,27	3,09	3,24	3,38	3,35	3,21	3,38	3,34	3,28	0,049
Intestino (%)	5,18	4,47	4,96	4,89	5,51	5,31	5,02	5,14	4,75	4,61	5,08	5,16	5,16	5,02	5,19	4,62	0,077
42 dias																	
Coração (%)	1,04	1,05	1,03	1,05	1,19	1,11	1,04	0,99	0,91	1,05	1,16	0,65	1,20	0,96	0,90	2,95	0,122
Fígado (%)	2,03	1,58	2,07	1,86	1,93	1,68	2,03	1,70	1,55	1,84	1,95	1,58	1,86	1,77	1,85	1,77	0,211
Moela (%)	2,69	2,66	2,65	2,79	2,90	2,31	2,92	2,71	2,24	2,77	2,60	2,41	2,82	2,54	2,68	2,56	0,301
Intestino (%)	4,15	3,75	3,83	3,78	3,47	3,44	3,23	3,53	2,79	3,60	3,58	3,32	3,66	3,23	3,77	3,43	0,423
Ovário (%)	0,08	0,17	0,19	0,15	0,08	0,11	0,17	0,17	0,07	0,17	0,11	0,12	0,16	0,13	0,14	0,14	0,010
Oviduto (%)	0,03	0,06	0,07	0,08	0,03	0,00	0,01	0,04	0,00	0,06	0,00	0,04	0,01	0,08	0,04	0,02	0,007
Equações de Regressão									Valor de P			R ²	Estimativas				
									LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)			
Fígado (14 dias) = 4,543 - 1,259LD									0,006(L)	0,070	0,590	0,61	-	-			

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; L: efeito linear; NS: não significativo

Tabela 8. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de codornas japonesas, aos 14 e aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
14 dias																	
ALB (g dL ⁻¹)	1,23	1,24	1,20	1,18	1,17	1,23	1,25	1,15	1,10	1,32	1,21	1,22	1,15	1,25	1,53	1,07	0,016
PROT (g dL ⁻¹)	2,92	2,86	3,12	3,12	3,43	3,43	3,13	3,12	3,37	3,37	2,86	2,98	3,38	3,34	3,73	3,12	0,037
GLOB (g dL ⁻¹)	1,83	1,87	1,92	1,82	2,38	2,12	1,98	1,95	2,20	2,03	1,73	1,87	2,28	2,07	2,12	2,00	0,048
ALB:GLOB	0,70	0,66	0,63	0,72	0,52	0,59	0,64	0,60	0,51	0,63	0,70	0,66	0,50	0,62	0,79	0,55	0,020
AUR (mg dL ⁻¹)	5,55	6,73	5,57	4,25	6,46	5,49	6,07	6,36	6,58	4,76	5,73	5,12	6,50	4,36	4,78	4,62	0,121
COLT (mg dL ⁻¹)	149,25	135,93	120,72	154,00	163,00	146,11	126,44	150,15	147,11	162,33	141,59	151,33	161,83	158,74	161,03	153,33	1,870
FA x10 ³ (U l ⁻¹)	2,836	2,048	2,346	1,812	2,048	1,929	2,083	2,125	2,328	1,860	2,174	2,071	2,203	1,966	1,641	2,083	9,190
42 dias																	
ALB (g dL ⁻¹)	1,05	1,08	1,08	1,18	1,21	1,00	1,13	1,17	1,05	1,21	1,15	1,22	1,06	1,09	1,02	1,14	0,012
PROT (g dL ⁻¹)	2,77	3,11	2,79	2,72	2,87	2,70	3,13	3,04	2,73	3,03	3,17	2,84	2,93	3,14	2,80	3,08	0,028
GLOB (g dL ⁻¹)	1,87	2,13	1,78	1,77	1,75	1,75	1,87	1,80	1,63	1,78	1,90	1,72	1,90	1,95	1,90	1,92	0,033
ALB:GLOB	0,56	0,50	0,62	0,66	0,67	0,57	0,64	0,65	0,65	0,66	0,63	0,72	0,54	0,58	0,55	0,56	0,014
AUR (mg dL ⁻¹)	4,55	3,75	4,30	4,67	4,08	3,85	5,35	6,27	5,55	4,78	3,62	5,82	4,02	5,27	5,43	4,30	0,119
COLT (mg dL ⁻¹)	177,43	154,88	157,63	139,50	154,62	133,22	168,30	178,57	160,28	118,70	170,88	150,47	155,45	145,95	162,65	191,67	2,668
FA x10 ³ (U l ⁻¹)	2,836	1,050	1,021	0,957	1,182	1,120	1,155	1,077	1,193	1,204	0,998	1,144	1,190	0,992	1,214	1,161	4,431

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; ALB: albumina; PROT: proteínas totais; GLOB: globulina; ALB:GLOB: relação albumina:globulina; AUR: ácido úrico; COLT: colesterol total; FA: fosfatase alcalina

Tabela 9. Parâmetros ósseos de codornas japonesas, aos 14 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
Tíbia																	
IS (mg mm ⁻¹)	136,80	138,14	138,62	136,30	136,64	137,60	134,13	135,75	171,04	136,55	133,37	126,90	153,89	162,59	152,26	124,82	1,817
DO (mm Eq Al ⁻¹)	1,75	1,81	1,83	1,73	1,82	1,73	1,87	1,66	1,76	1,83	1,62	1,77	1,68	1,72	1,81	1,73	0,014
REO (kgf)	18,91	20,69	19,72	17,31	21,03	13,75	23,46	19,85	17,89	22,90	17,42	21,37	17,59	18,83	18,21	17,31	0,384
Fêmur																	
IS (mg mm ⁻¹)	125,20	127,99	136,08	135,73	136,22	142,48	135,57	139,38	149,31	152,08	147,28	145,02	148,13	148,01	145,53	130,70	1,214
DO (mm Eq Al ⁻¹)	1,58	1,62	1,60	1,69	1,68	1,49	1,60	1,49	1,61	1,61	1,63	1,55	1,62	1,73	1,65	1,60	0,014
REO (kgf)	18,07	17,80	23,70	24,08	19,85	15,34	20,49	20,36	20,58	23,51	18,01	22,84	13,11	22,95	19,85	20,24	0,641
MM Tíbia+ Fêmur (%)	43,92	45,39	46,78	46,18	44,78	47,32	46,29	44,47	46,89	45,05	42,15	46,47	43,38	37,40	42,28	43,56	0,399
Equações de Regressão									Valor de P				R ²	Estimativas			
									LD	EM	LD*EM			LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)		
Tíbia																	
IS = -520,416 + 499,853LD + 0,231EM - 0,176LD*EM				0,002(L)	<0,001(L)	<0,001(L)		0,58	-	-							
Fêmur																	
IS = -1941,507 + 509,862LD - 54,779LD ² + 1,149EM - 0,000159EM ² - 0,127LD*EM				0,013(Q)	<0,001(Q)	<0,001(L)		0,89	0,86*	3267*							
REO = 9,203 + 8,849LD				0,007(L)	0,252	0,283		0,91	-	-							
MM = -356,089 + 0,273EM - 0,0000464EM ²				0,189	0,008(Q)	0,691		0,78	-	2942							

*Valores estimados fora da região de experimentação; EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; IS: Índice de Seedor; DO: densidade óssea; REO: resistência óssea; MM: matéria mineral; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

Tabela 10. Parâmetros ósseos de codornas japonesas, aos 42 dias de idade, em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2830				2970				3110				3250				EP
LD (%)	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	0,90	1,07	1,24	1,41	
Tíbia																	
IS (mg mm ⁻¹)	87,84	86,19	89,81	87,20	90,09	92,70	87,12	81,10	88,40	89,13	83,32	86,99	90,52	93,67	93,06	91,76	0,580
DO (mm Eq Al ⁻¹)	2,33	2,29	2,29	2,27	2,40	2,25	2,28	2,34	2,32	2,28	2,42	2,37	2,34	2,20	2,37	2,25	0,011
REO (kgf)	35,74	32,44	34,65	39,24	35,44	30,34	34,54	33,47	34,54	38,36	44,08	39,73	42,91	39,11	27,89	36,27	0,713
Fêmur																	
IS (mg mm ⁻¹)	76,90	85,64	78,09	78,06	84,35	84,93	78,25	74,96	82,78	77,57	74,50	83,92	82,22	85,79	88,25	88,58	0,739
DO (mm Eq Al ⁻¹)	2,22	2,22	2,19	2,17	2,29	2,18	2,23	2,28	2,10	2,15	2,36	2,27	2,21	2,10	2,16	2,14	0,012
REO (kgf)	35,03	27,40	46,20	33,77	40,38	38,41	43,46	31,81	41,26	41,46	43,91	36,10	42,16	35,09	42,31	36,61	0,791
MM Tíbia+ Fêmur (%)	51,83	54,31	57,01	46,60	50,52	54,69	53,71	50,83	55,94	57,76	45,67	47,50	53,74	39,48	53,39	51,27	0,746
Equações de Regressão					Valor de P				R ²	Estimativas							
					LD	EM	LD*EM			LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)						
Tíbia																	
IS = 684,428 - 0,402EM + 0,0000676EM ²					0,169	0,014(Q)	0,503		0,70	-				2973			
Fêmur																	
IS = 695,543 - 0,418EM + 0,000071EM ²					0,101	0,039(Q)	0,544		0,78	-				2944			
DO = -10,978 + 0,008EM - 0,00000147EM ²					0,339	0,009(Q)	0,377		0,74	-				2721*			

*Valores estimados fora da região de experimentação; EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; IS: Índice de Seedor; DO: densidade óssea; REO: resistência óssea; MM: matéria mineral; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

3.4. Discussão

A EM atuando como reguladora do consumo de ração e a LD sendo o aminoácido referência no conceito da proteína ideal podem ser considerados como o primeiro passo a ser estabelecido para a formulação de dietas eficientes economicamente e ajustadas às exigências de codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias) e recria (15 a 42 dias). Neste estudo, fica evidente a interferência destes fatores sobre o desempenho das aves, visto que todas as características de desempenho foram afetadas pelos níveis de EM e LD.

O consumo de ração, influenciado de modo quadrático na fase de cria e de modo quadrático com interação com a LD na recria, tendeu à redução com o aumento dos níveis de EM das dietas e, por consequência, melhorou a conversão alimentar. Kaur et al. (2008), Attia et al. (2012) e Reda et al. (2015) também constataram que elevando o nível de EM da dieta de codornas japonesas em crescimento houve significativa diminuição no consumo de ração e melhora da conversão alimentar durante todo o período experimental.

Isso sugere que durante o crescimento, o nível energético da ração precisa estar adequado à exigência, pois em uma situação de baixo aporte energético, as aves irão consumir uma quantidade maior de ração, sem que haja melhoras no ganho de peso, podendo ainda, acarretar problemas como a distensão de órgãos digestivos e subdesenvolvimento do aparelho reprodutivo. De acordo com Corrêa et al. (2007), estes resultados indicam, ainda, que as aves ajustam o consumo pelo nível energético da dieta, ou seja, as codornas que consomem dietas com menor teor calórico tendem a compensar o consumo energético insuficiente ingerindo maior quantidade de alimento, a fim de manterem estáveis suas funções fisiológicas e assim confirmando a existência de um mecanismo regulador do consumo.

Os resultados mostram que tanto o peso médio quanto o ganho de peso, acompanham o aumento do nível de EM da dieta, mas somente até o ponto em que ocorre

a inflexão da curva e os animais param de responder ao incremento energético da ração, evidenciando que as codornas japonesas possuem um crescimento corporal limitado, e que níveis de EM além do requerido podem depreciar o desempenho, pois as aves reduzem o consumo de ração ao ingerirem níveis de EM além dos que o organismo comporta e por consequência, a ingestão de outros nutrientes pode não ser satisfatória.

O mesmo nível ótimo de LD foi estimado para peso médio e ganho de peso na fase de cria (1,13%), corroborando com a afirmação de Hajkhodadadi et al. (2013) de que as exigências de LD para estas variáveis tendem a estar alinhadas. Estes autores, ao estudarem o efeito da lisina dietética sobre o desempenho e a imunidade de codornas japonesas, observaram que a LD exerceu efeito significativo sobre o desempenho das codornas japonesas em várias idades e que a conversão alimentar melhorou significativamente com o aumento da LD da ração.

Similarmente aos resultados obtidos, Mehri et al. (2013) ao estimarem o nível ótimo de lisina total para codornas japonesas durante a segunda e terceira semanas de idade, e Mehri et al. (2015), ao estimarem o nível ótimo de lisina total para codornas japonesas durante a quarta e quinta semanas de idade, verificaram que a LD apresentou efeito sobre as variáveis de desempenho. Estes autores destacam o fato de que a exigência de lisina para conversão alimentar pode ser superior à taxa de crescimento. Baker et al. (2002) afirmaram que ao exceder a exigência de lisina para ganho de peso, o consumo de ração pode reduzir sem que haja prejuízo do ganho, resultando em uma maior exigência deste aminoácido para conversão alimentar.

Outros trabalhos já apontaram para o fato de que a exigência de LD para conversão alimentar pode exceder àquela para ganho de peso (Mehri et al., 2010; Lima et al., 2013). Neste estudo, a exigência de LD para melhor conversão alimentar na fase de cria, excedeu em 0,10% a exigência para maior ganho de peso.

Por meio da aplicação dos gráficos de contornos sobrepostos foi identificada a área de intersecção das variáveis, indicando a região viável para as respostas das equações, permitindo através da simples observação dos dados, identificar os valores nos eixos do gráfico, representados pelos níveis de EM e LD. A identificação da região viável no gráfico representa a região onde as combinações dos fatores avaliados podem resultar nas melhores respostas das variáveis dependentes e todas as combinações dos fatores resultam em respostas compatíveis com as desejadas. De acordo com Nascimento (2013), dentro dessa área não existe critério para considerar uma situação melhor do que a outra, mas seria adequado escolher os valores das variáveis visando à minimização dos custos.

Logo, foram selecionados os menores níveis de EM e LD que satisfaziam as condições das variáveis dentro da região viável do gráfico. Assim sendo, os níveis estimados para as exigências de EM e LD para a fase de cria foram 3030 kcal de EM.kg⁻¹ e 1,221% de LD, correspondendo ao consumo diário de 26,46 kcal de EM e 106,84 mg de LD e para a fase de recria foram estimados os níveis de 3055 kcal de EM.kg⁻¹ e 1,202% de LD, correspondendo ao consumo diário de 50,09 kcal de EM e 193,86 mg de LD.

Comparativamente com os dados de Silva e Costa (2009), que sugerem os níveis de 2900 e 3050 kcal de EM kg⁻¹ respectivamente, para as fases de cria e recria, sugere-se que os dados estimados para este estudo estão acima do nível recomendado atualmente. Além disso, comprovam o fato de que a necessidade energética se eleva com o aumento da idade das codornas, contrapondo as recomendações de 2900 kcal de EM kg⁻¹ do NRC (1994), Rostagno et al. (2011) e Reda et al. (2015), que utilizam o mesmo nível de EM para ambas as fases de crescimento das aves.

Confrontando as estimativas de LD deste trabalho com as expostas por Silva e Costa (2009) verifica-se que as exigências apresentadas por estes autores são inferiores em ambas as fases (1,19% na fase de cria e 1,05% na fase de recria). Já Lima et al. (2016)

visando determinar a exigência de LD para codornas japonesas em crescimento, estimaram o nível de 1,18% como sendo ótimo para aves de 0 a 40 dias de idade.

No entanto, exigências superiores de LD para a fase de cria são verificadas em estudos publicados em outros países, como o nível de 1,45% de lisina total (1,276% de LD) que é preconizado por Hajkhodadadi et al. (2013), Shivazad et al. (2013), Attia (2014) e Reda et al. (2015). Enquanto que para a fase de recria, as exigências indicadas são mais próximas, como os níveis de 1,37% de lisina total (1,21% de LD); 1,36% de lisina total (1,20% de LD) e 1,30 (1,14% de LD) recomendados respectivamente por Hajkhodadadi et al. (2014), Mehri et al. (2015) e Reda et al. (2015).

As diferenças observadas podem ser relacionadas ao melhoramento genético pelo qual as codornas japonesas vêm passando nos últimos anos, fazendo com que as linhagens mais recentes sejam mais exigentes em nutrientes que seus predecessores, como pode ser afirmado ao considerar as recomendações nutricionais do NRC (1994), que de acordo com Hajkhodadadi et al. (2014), foram baseadas em estudos conduzidos cerca de cinco a seis anos antes da sua publicação.

O peso corporal das aves deve estar corretamente distribuído entre as frações de água, proteína, gordura e minerais, uma vez que maior peso nem sempre reflete melhor condição produtiva da ave, podendo estar relacionado ao acúmulo de gordura corporal que, em excesso, interfere negativamente na postura, diminuindo a produção de ovos.

Neste estudo, apenas a concentração de extrato etéreo da carcaça das codornas, aos 14 dias de idade, foi influenciado, indicando que dietas que contêm um maior nível de EM favorecem a deposição de gordura. Este mesmo resultado foi observado por Rajini e Narahari (1998) que ao elevarem o nível de EM da dieta de 2400 para 2800 kcal de EM kg^{-1} reportaram aumento de 7,70 para 8,36% do extrato etéreo na carcaça de codornas japonesas em crescimento sob condições tropicais.

O excesso de gordura na carcaça devido ao desequilíbrio energético pode estar relacionado com o aumento da concentração de gordura nos órgãos e que principalmente, quando ocorre no fígado e ovário, acarreta a redução da produção de ovos. Contudo, apesar do peso do fígado aos 14 dias ser a única variável de peso relativo de órgãos a apresentar efeito significativo, este apresentou relação linear decrescente com o aumento do nível de LD.

Um dos principais indicadores de alterações metabólicas do fígado é o nível de albumina sérica, sugerindo modificações na utilização sistêmica de proteínas. Os valores obtidos no presente estudo apontam que os fatores EM e LD não apresentaram efeito significativo em nenhuma das fases sobre a albumina, nem sobre os demais parâmetros bioquímicos sanguíneos. Estes resultados indicam que os parâmetros bioquímicos sanguíneos podem vir a se apresentar de maneira independente da dieta, como já foi verificado por Deka e Borah (2008); Hussein et al. (2010) e Ukashatu et al. (2014).

O índice de Seedor, que estima o volume do osso e serve como indicativo da densidade óssea, apresentou interação da EM com a LD para ambos os ossos avaliados aos 14 dias e efeito significativo somente da EM aos 42 dias, indicando maior atividade da lisina no período inicial de desenvolvimento das aves, ao passo que em decorrência do avançar da idade, o efeito dos níveis de EM nas dietas das aves são mais pronunciados.

A resistência óssea do fêmur, aos 14 dias, foi a única variável que apresentou efeito isolado somente da LD. Esta característica também está relacionada com o volume do osso e é modulada principalmente pelo colágeno, presente na matriz óssea, responsável pela elasticidade e pelos minerais, que conferem tenacidade ao tecido ósseo (Rath et al., 2000). A lisina participa ativamente da síntese do colágeno, na forma de hidroxilisina, sendo importante na formação da estrutura pois, juntamente com a hidroxiprolina,

alinham e estabilizam a tripla hélice de aminoácidos que formam esta proteína, a qual propicia um suporte orientado durante o processo de mineralização óssea.

Para o completo desenvolvimento das codornas, os programas de alimentação devem maximizar a taxa de crescimento e o desenvolvimento corporal (Mehri et al. 2013), permitindo que as aves alcancem o peso ideal à maturidade sexual, possibilitando uniformidade do lote e assegurando normalidade durante a fase de produção. Por este motivo, as condições nutricionais estabelecidas durante a fase de crescimento influenciam o desempenho das aves em postura (Lima et al., 2016).

O desenvolvimento das aves influencia a produção não somente nos estágios iniciais do ciclo de postura, mas também na persistência da produção (Leek, 2015) e da qualidade do ovo (Bouvarel et al., 2011).

3.5. Conclusão

Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos sobrepostos que otimizou a resposta do efeito da EM e da LD sobre as características de desempenho, foram estimados os níveis de 3030 kcal de EM kg⁻¹ e 1,221% de LD para a fase de cria, correspondendo ao consumo diário de 26,46 kcal de EM e 0,107 g de LD e relação EM:LD=247 e os níveis de 3055 kcal de EM kg⁻¹ e 1,202% de LD para a fase de recria, correspondendo ao consumo diário de 50,09 kcal de EM e 0,194 g de LD e relação EM:LD=258.

3.6. Literatura citada

- Attia, A. I.; Mahrose, K. M.; Ismail, I. E. e Abou-Kasem, D. E. 2012. Response of growing Japanese quail raised under two stocking densities to dietary protein e energy levels. *Egyptian Journal of Animal Production* 47:159-166.
- Attia, A. A. 2014. Lysine requirements of growing Japanese quail under Egyptian conditions. Dissertação (M.Sc.) Zagazig University, Egypt.
- Association of Official Analytical Chemistry – AOAC. 2005. Official methods of analysis. 18 ed. Washington, DC.
- Azeredo, H. M. C.; Mattoso, L. H. C.; Avena-Bustillos, R. J.; Ceotto Filho, G.; Munford, M. L.; Wood, D. e McHugh, T. H. 2010. Nanocellulose reinforced chitosan composite films as affected by nanofiller loading and plasticizer content. *Journal of Food Science* 75:1-7.
- Baker, D.; Batal, A.; Parr, T.; Augspurger, N. e Parsons, C. 2002. Ideal ratio (relative to lysine) of tryptophan, threonine, soleucine, e valine for chicks during the second e third weeks posthatch. *Poultry Science* 81:485-494.
- Barreto, S. L. T.; Araújo, M. S. e Umigi, R. T. 2006. Exigência nutricional de lisina para codornas européias machos de 21 a 49 dias de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 35:750-753.
- Bouvaerel, I.; Nys, Y.; Lescoat, P. 2011. Hen nutrition for sustained egg quality. p. 261-299. In: *Improving the safety and quality of eggs and egg products*. 1st ed. Nys, Y.; Bain, M. and Van Immerseel, F. eds. Woodhead Publishing, Cambridge.
- Corrêa, G. S. S.; Silva, M. A.; Corrêa, A. B.; Fontes, D. O.; Santos, G. G.; Torres, R. A.; Dionello, L. S.; Freitas, L. S. e Fridrich, A. B. 2007. Exigência de proteína bruta para codornas de corte EV1 em crescimento. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 59:1278-1286.
- Deka, K. e Borah, J. 2008. Haematological e biochemical changes in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) e chickens due to *Ascaridia galli* infection. *International Journal of Poultry Science* 7:704-710.
- Fraga, A. L.; Moreira, I.; Furlan, A. C.; Bastos, A. O.; Oliveira, R. P.; e Murakami, A. E. 2008. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 51:49-56.
- Goulart, C. C.; Costa, F. G. P.; Lima Neto, R. C.; Souza, J. G.; Silva, J. H. V. e Givislez, P. E. N. 2008. Digestible lysine requirements for male broilers from 1 to 42 days old. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:876-882.
- Hajkhodadadi, I.; Shivazad, M.; Moravej, H. e Zare-Shahneh, A. 2013. Effect of dietary lysine on performance e immunity parameters of male e female Japanese quails. *African Journal of Agricultural Research* 8:113-118.

- Hajkhodadadi, I.; Moravej, H.; Shivazad, M.; Ghasemi, H. e Zareh-Shahneh, A. 2014. Lysine requirements of female japanese quails base on performance e carcass variables from twenty-one to forty-two days of age. *Iranian Journal of Applied Animal Science* 4:629-635.
- Hussein, M. A. A.; El-Kloub, K.; El-Moustafa, M.; El-Hak, G. e Abbas, A.M. 2010. Optimal metabolizable energy e crude protein levels for sinai laying hens. *Egyptian Journal of Poultry Science* 30:1073-1095.
- Kaur, S.; Mandal, A. B.; Singh, K. B. e Kadam, M. M. 2008. The response of Japanese quails (heavy body weight line) to dietary energy levels e graded essential amino acid levels on growth performance e immuno-competence. *Livestock Science* 117:255-262.
- Leek, A. B. G. 2015. Feeding for egg quality. p.1-8. In: *Proceeding of the 26th Annual Australian Poultry Science Symposium*, Sydney.
- Lima, M. R.; Costa, F. G. P.; Guerra, R. R.; Silva, J. H.; Rabello, C. B. V.; Miglino, M. A.; Lobato, G. B. V.; Sena Netto, S. B. e Dantas. L. S. 2013. Threonine:lysine ratio for Japanese quail hen diets. *Journal of Applied Poultry Research* 22:260–268.
- Lima, H. J. D.; Barreto, S. L. T.; Donzele, J. L.; Souza, G. S.; Almeida, R. L.; Tinoco, I. F. F. e Albino, L. F. T. 2016. Digestible lysine requirement for growing Japanese quails. *Journal of Applied Poultry Research* 0:1-9.
- Mehri, M.; Nassiri-Moghaddam, H.; Kerman-Shahi, H. e Danesh-Mesgaran, M. 2010. Digestible lysine requirements of straightrun broiler chickens from fifteen to twenty-eight days of age. *Journal of Animal Veterinary Advances* 9:2321-2324.
- Mehri, M.; Jalilvand, G.; Ghazaghi, M.; Mahdavi, A. e Kasmani, F. B. 2013. Estimation of optimal lysine in quail chicks during the second e third weeks of age. *Italian Journal of Animal Science* 12:518-522.
- Mehri, M.; Kasmani, F. B. e Asghari-Moghadam, M. 2015. Estimation of lysine requirements of growing Japanese quail during the fourth e fifth weeks of age. *Poultry Science* 94:1923-1927.
- Mogin, P. 1981. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. *Procedure Nutrition Society*: 40:285-294.
- Montgomery, D. C. 2013. *Design and analysis of experiments*. 8th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
- Moura, A. M. A. 2005. Níveis de lisina para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) nas fases de crescimento e postura. Dissertação (M.Sc.). Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ.
- Nascimento, I. O. C. 2013. Avaliação do processo de coagulação-floculação de lixiviado de aterro sanitário pré-tratado biologicamente utilizando quitosana e

- sulfato de alumínio como coagulantes. Dissertação (M.Sc.). Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica, Salvador-BA.
- National Research Council - NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Rajini, R. A. e Narahari, D. 1998. Dietary energy e protein requirements of growing Japanese quails in the tropics. *Indian Journal of Animal Sciences* 68: 1082-1086.
- Rath, N. C.; Huff, G. R.; Huff, W. E. e Balog, J. M. 2000. Factors regulating bone maturity e strength in poultry. *Poultry Science*, 79:1024-1032.
- R Core Team. 2013. R: A language e environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Reda, F. M.; Ashour, E. A.; Alagawany, M. E. e Abd El-Hack, M. E. 2015. Effects of dietary protein, energy e lysine intake on growth performance e carcass characteristics of growing Japanese quails. *Asian Journal of Poultry Science* 9: 155-164.
- Ribeiro, M. L. G.; Silva, J. H. V.; Dantas, M. O.; Costa, F. G. P.; Oliveira, S. F.; Jordão Filho, J. e Silva, E. L. 2003. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a fase de postura, em função do nível de proteína da ração. *Revista Brasileira de Zootecnia* 33:156-161.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Sakomura, N. K. 2004. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens e broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 6:1-11.
- Sakomura, N. K. e Rostagno, H. S. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ed. FUNEP: Jaboticabal.
- Seedor, T.; Watanabe, E. e Kadowaki, W. 1996. Effect of dietary e arginine levels on bone development in broiler chicks. *Animal Science e Technology*, 67:7-13.
- Shivazad, H. M.; Moravvej, H. e Zare-Shahneh, A. 2013. Effect of dietary lysine on performance e immunity parameters of male e female Japanese quails. *African Journal of Agricultural Research*, 8: 113-118.
- Silva, J. H. V. e Costa, F. G. P. 2009. Tabela para codornas japonesas e europeias. 2ª ed. FUNEP, Jaboticabal, SP.
- Soud, H.; Sahnoun, M.; Babay, A. e Cheikrouhou, M. 2012. Slub yarn quality optimization by using diagrams of superimposed contours. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology* 8:796-800.

- Taccari, M.; Canonico, L.; Comitini, F.; Mannazzu, I. e Ciani, M. 2012. Screening of yeasts for growth on crude glycerol and optimization of biomass production. *Bioresource Technology* 110:488-495.
- Ukashatu, S.; Bello, A.; Umaru, M. S.; Onu, J. E.; Shehu, S. A.; Mahmuda, A. e Saidu, B. 2014. A study of some serum biochemical values of japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) fed graded levels of energy diets in northwestern Nigeria. *Scientific Journal of Microbiology* 3:1-8.
- Zainal, S.; Noorul Fhadila, K.; Ri Hanum, Y. S. e Rahmah, M. 2014. Optimization of Chitoasn Extract from Cockle Shell using Response Surface Methodology (RSM). *Asian Journal of Agriculture and Food Science* 2:314-323.

IV³ – Exigência de energia metabolizável e lisina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em fase de postura

RESUMO – Este trabalho objetivou estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) para codornas japonesas na fase de postura, além de verificar seus efeitos sobre a qualidade dos ovos e os parâmetros ósseos. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2650, 2775, 2900 e 3025 kcal kg⁻¹ x LD = 0,82; 1,02; 1,22 e 1,42%), com 16 tratamentos, 3 repetições e 12 codornas por unidade experimental, totalizando 576 aves, com peso médio inicial de 116,50 ± 5,75g, no período de 43 a 168 dias de idade. Não foi verificada interação entre os fatores sobre o desempenho de codornas japonesas em postura. A taxa de postura e massa de ovos apresentaram efeito quadrático tanto da EM quanto da LD. A EM exerceu efeito quadrático sobre o consumo de ração diário e a LD para conversão alimentar por massa de ovos. Foi verificada interação significativa entre EM e LD para o peso de casca por superfície de área. A porcentagem de casca e o peso do ovo foram influenciados por ambos os fatores, a porcentagem de albúmen apresentou efeito quadrático para LD e a unidade Haugh para EM. O índice de Seedor e a resistência óssea tanto da tíbia quanto do fêmur demonstraram efeito quadrático de ambos os fatores e a densidade óssea do fêmur foi afetada de modo quadrático pela LD. Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos sobrepostos que otimizou a resposta do efeito da EM e da LD sobre as características de desempenho, foram

³ Artigo redigido de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

estimados os níveis de 2857 kcal de EM kg⁻¹ e 1,104% de LD como recomendação para formulação de dietas para codornas japonesas em postura.

Palavras-chave: desempenho, gráfico de contornos sobrepostos, parâmetros ósseos, qualidade de ovos

IV – Metabolizable energy and digestible lysine requirements for laying Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*)

ABSTRACT – This study aimed estimate the nutritional requirements of metabolizable energy (ME) e digestible lysine (DL) for laying Japanese quails and to verify its effects on egg quality and bone parameters. The experimental design was complete randomized factorial 4 x 4 (ME = 2650, 2775, 2900 e 3025 kcal ME kg⁻¹ x DL = 0.82; 1.02; 1.22 e 1.42%), totaling 16 treatments with 3 replicates and 12 quails per experimental unit, totaling 576 birds, with initial average weight of 116.50 ± 5,75g from 43 to 168 days old. There was no interaction between the factors on the performance of Japanese laying quails. The laying rate and egg mass showed quadratic effect for ME as well as for DL. ME exercised quadratic effect on daily feed intake and DL influenced feed conversion by egg mass. There was significant interaction between ME e DL for shell weight per surface area. The eggshell percentage and egg weight were influenced by both factors, the albumen percentage showed a quadratic effect for DL and the Haugh unit for ME. The Seedor index and bone strength as tibia as well femur showed quadratic effect of both factors and femur bone density was affected in quadratic way by DL. Considering the estimates obtained by means of overlaid contours plot that optimized response of ME and DL effect on the performance characteristics, levels of 2857 kcal ME kg⁻¹ and 1.104% DL were estimated as recommendations for diets formulation for laying quails.

Keywords: bones parameters, egg quality, overlaid contours plot, performance

4.1. Introdução

A condução de ensaios objetivando estimar as exigências de nutrientes para codornas japonesas se faz necessária para atualizar os dados existentes e fornecer informações mais aproximadas da realidade vivida no campo, que busca constantemente elevar a produção e manter a demanda do mercado. Para isso, os produtores devem limitar os custos de produção e, em geral, isso se torna possível ao utilizar ingredientes que reduzam o custo da ração, principalmente as fontes energéticas (Mahmood et al., 2014).

A energia pode ser considerada como o principal requerimento a ser atendido em dietas nutricionalmente balanceadas, mesmo não sendo convertida diretamente em ovos, e é utilizada como combustível metabólico para se obter uma produção eficiente e desempenha papel regulador do consumo.

Entre os trabalhos realizados para estimar a exigência de energia metabolizável para codornas japonesas durante a fase de postura, Belo et al. (2000) e Freitas et al. (2005) observaram menor consumo e menor peso de ovos com o aumento do nível energético da ração. A constatação é de que a densidade energética das rações regula o consumo dos animais, logo, todos os nutrientes devem estar relacionados com o conteúdo energético da ração, uma vez que a ingestão de nutrientes pode ser afetada por este fator, o que conseqüentemente reflete no desempenho durante a postura e na qualidade dos ovos.

Ao se tratar de exigências de aminoácidos, a estimativa do nível ótimo de lisina é fundamental, pois além de ser o segundo aminoácido limitante na nutrição das aves, é considerada como referência do conceito de proteína ideal, o qual busca balancear os aminoácidos das dietas, fornecendo os níveis exatos destes, sem que haja excesso ou deficiência. Uma vez que a lisina possui papel prioritário na síntese proteica, o nível correto deste e dos outros aminoácidos limitantes asseguram a máxima utilização da proteína dietética, maximizando o desempenho produtivo das aves.

Ao combinar a resposta de dois fatores, como a energia metabolizável e a lisina digestível, o desempenho dos animais pode ser maximizado. Para isso, o uso de gráficos de contornos sobrepostos oferece um modo de caracterizar os efeitos associados dos fatores sobre as respostas de desempenho e otimizar a interpretação dos resultados dos estudos ao substituir a escolha de uma única variável para a estimativa das exigências nutricionais por uma combinação das respostas das variáveis. Este método de avaliação conjunta das múltiplas respostas aos fatores empregados é largamente difundido em pesquisas voltadas à indústria em geral (Azeredo et al., 2010; Souid et al., 2012; Taccari et al., 2012; Zainal et al., 2014; Hasniyati et al., 2015) e acredita-se que pode ser também empregado nas diversas linhas da produção animal.

Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi estimar as exigências nutricionais de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de postura por meio de gráficos de contornos sobrepostos, visando à maximização do desempenho zootécnico e verificar seus efeitos sobre os parâmetros ósseos e a qualidade dos ovos.

4.2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 4066080715/2015).

4.2.1. Animais, instalação e manejo

O experimento foi conduzido no Setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá utilizando codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 1 dia de idade, fêmeas, adquiridas de criatório

comercial (linhagem Vicami®, Assis-SP) e criadas em boxes de 2,5 m² em galpão convencional com cobertura de telha francesa, piso de terra batida recoberto com palha de arroz, paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis.

Comedores do tipo bandeja e bebedouros infantis foram utilizados até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros tubulares e bebedouros pendulares até os 42 dias de idade. Na fase de cria (até os 14 dias), foram usados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, e como fonte de aquecimento foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas de secagem infravermelha (250 W) por 24 horas, até o 10º dia de idade.

Os dados médios de temperatura (média: 18,45°C; mínima: 14,16°C e máxima: 24,48°C) e umidade relativa do ar (média: 70,73%; mínima: 65,37% e máxima: 78,15%) foram registrados duas vezes ao dia: no início da manhã e no final da tarde, por meio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão.

Aos 42 dias de idade, as aves foram transferidas para galpão de postura, tipo convencional, com cobertura de telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado e cortinas laterais móveis, contendo gaiolas de arame galvanizado, dispondo de bebedouros tipo *nipple* e de comedouro tipo calha, durante todo o período experimental (até os 168 dias).

Nesta etapa, água e ração foram fornecidos à vontade, no entanto, o fornecimento de ração foi realizado uma vez ao dia no intuito de evitar o desperdício. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas sempre no período da manhã, por intermédio de termohigrômetros de bulbo seco de máxima e mínima, localizados em três pontos do galpão.

O programa de iluminação utilizado foi por meio de luz natural até os 42 dias de idade e a partir da transferência das aves para o galpão de postura, o fotoperíodo adotado iniciou com 14 horas de luz e semanalmente foram adicionados 30 minutos até atingir 17 horas de luz (natural + artificial), sendo controlado com o auxílio de relógio automático (*timmer*). A intensidade luminosa utilizada foi de 21 lumens.m⁻².

4.2.2. Delineamento experimental e dietas

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4 (EM = 2650, 2775, 2900 e 3025 kcal kg⁻¹ x LD = 0,82; 1,02; 1,22 e 1,42%), perfazendo 16 tratamentos com 3 repetições cada e 12 codornas por unidade experimental (três aves por gaiola), totalizando 576 aves, com peso médio inicial de 116,50±5,75g.

As rações foram formuladas considerando as recomendações e os valores de composição química dos alimentos propostos por Rostagno et al. (2011), exceto para o perfil de aminoácidos do milho, farelo de soja e do glúten de milho, que foram previamente determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) pela Ajinomoto Animal Nutrition (São Paulo, Brasil). Até os 42 dias de idade, as aves receberam uma dieta basal de milho e farelo de soja (Tabela 1) e a partir desta idade, as dietas experimentais foram ofertadas (Tabelas 2 e 3).

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional da ração para codornas japonesas nas fases de cria e recria

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho grão	58,23
Farelo de soja (46%)	37,15
Óleo de soja	0,92
Fosfato bicálcico	1,39
Calcário calcítico	1,20
DL-Metionina 99%	0,17
L-Lisina HCL 78%	0,06
L-Treonina 99%	0,08
Sal comum	0,39
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,40
Total	100,00
Valores Calculados	
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	2900
Proteína bruta (%)	22,00
Cálcio (%)	0,90
Fósforo disponível (%)	0,37
Sódio (%)	0,17
Cloro (%)	0,30
Metionina + cistina digestível (%)	0,76
Lisina digestível (%)	1,12
Treonina digestível (%)	0,79
BED ² (mEq kg ⁻¹)	230

¹Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g²Balanco eletrolítico da dieta: pode ser definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da dieta e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): BED = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453)

Tabela 2. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura

EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2650				2775				2900				3025			
Lisina digestível (%)	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42
Milho grão	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17	57,17
Farelo de soja 46%	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29	26,29
Glúten de milho 67%	2,76	2,37	1,99	1,60	2,76	2,37	1,99	1,60	2,76	2,37	1,99	1,60	2,76	2,37	1,99	1,60
Óleo de soja	0,00	0,04	0,09	0,13	1,42	1,47	1,51	1,55	2,84	2,89	2,93	2,97	4,27	4,31	4,35	4,40
Inerte	4,60	4,66	4,73	4,79	3,18	3,24	3,31	3,37	1,75	1,82	1,88	1,95	0,33	0,40	0,46	0,53
Calcário	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80
Fosfato bicálcico	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
DI-Metionina 99%	0,38	0,39	0,39	0,40	0,38	0,39	0,39	0,40	0,38	0,39	0,39	0,40	0,38	0,39	0,39	0,40
L-Lisina HCL 78%	0,00	0,26	0,52	0,78	0,00	0,26	0,52	0,78	0,00	0,26	0,52	0,78	0,00	0,26	0,52	0,78
L-Treonina 99%	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,09	0,07	0,08	0,09	0,09
L-Triptofano 99%	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal comum	0,32	0,21	0,10	0,00	0,32	0,21	0,10	0,00	0,32	0,21	0,10	0,00	0,32	0,21	0,10	0,00
Bicarbonato de sódio	0,00	0,11	0,22	0,32	0,00	0,11	0,22	0,32	0,00	0,11	0,22	0,32	0,00	0,11	0,22	0,32
Suplemento vit/min ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Antioxidante ³	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
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	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Energia Metabolizável; ²Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A – 18.000 UI; Vit. D3 – 5.000 UI; Vit. E – 16 mg; Vit. B1 – 1,112 mg; Vit. B2 – 8 mg; Vit. B6 – 2,100 mg; Vit. B12 – 20 mcg; Vit. K3 – 4,028 mg; Pantotenato de Cálcio – 16 mg; Niacina – 40 mg; Colina – 560 mg; Antioxidante (Butil Hidroxi Tolueno – BHT) – 20 mg; Zinco – 126 mg; Ferro – 98 mg; Manganês – 155 mg; Cobre – 30,624 mg; Cobalto – 0,4 mg; Iodo – 1,936 mg; Selênio – 0,508 mg; Veículo Q.S.P. (Caulin) – 4 g; ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno)

Tabela 3. Composição nutricional das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura

Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	2650				2775				2900				3025			
Lisina digestível (%)	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)	2650	2650	2650	2650	2775	2775	2775	2775	2900	2900	2900	2900	3025	3025	3025	3025
Proteína bruta (%)	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80	18,80
Cálcio (%)	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Metionina+cistina digestível (%)	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
Treonina digestível (%)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Arginina digestível (%)	1,07	1,06	1,05	1,05	1,07	1,06	1,05	1,05	1,07	1,06	1,05	1,05	1,07	1,06	1,05	1,05
Sódio (%)	0,15	0,13	0,12	0,10	0,15	0,13	0,12	0,10	0,15	0,13	0,12	0,10	0,15	0,13	0,12	0,10
Cloro (%)	0,24	0,22	0,20	0,18	0,24	0,22	0,20	0,18	0,24	0,22	0,20	0,18	0,24	0,22	0,20	0,18
Potássio (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
BED ¹ (mEq kg ⁻¹)	161	161	161	160	161	161	161	160	161	161	161	160	161	161	161	160

¹Balanço eletrolítico da dieta: pode ser definido como a diferença entre os principais cátions e ânions da dieta e representa a acidogenicidade ou alcalinidade metabólica da mesma, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): $BED = (mg/kg \text{ de } Na^+ \text{ da ração}/22,990) + (mg/kg \text{ de } K^+ \text{ da ração}/39,102) - (mg/kg \text{ de } Cl^- \text{ da ração}/35,453)$

4.2.3. Características de desempenho

As aves foram avaliadas durante seis ciclo de produção, que compreendiam 21 dias cada. As aves mortas foram contabilizadas diariamente para correção do consumo de ração. A colheita de ovos foi realizada diariamente (8h:00), com o objetivo de identificar a idade ao primeiro ovo (dias) e calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos ($\text{g ovos ave dia}^{-1}$), contabilizando todos os ovos produzidos incluindo os quebrados, trincados, anormais e de casca mole.

A taxa de postura foi considerada como sendo o produto da divisão do número de ovos produzidos pelo total de aves da unidade experimental, dada por: Taxa de postura (%) = (número de ovos produzidos / número de aves alojadas) x 100.

A massa de ovos é obtida pela multiplicação da produção de ovos pelo peso médio dos ovos, de acordo com a equação: Massa de ovos ($\text{g ovos ave dia}^{-1}$) = (peso médio dos ovos (g) x número de ovos produzidos) / número de aves alojadas.

As codornas e as rações foram pesadas ao final de cada ciclo para determinação do respectivo peso corporal (g) e do consumo de ração (g), além do cálculo da conversão alimentar por massa de ovos – CAMO (g g de ovos^{-1}), que expressa a relação entre o consumo de ração diário e a produção de ovos, sendo calculada pela equação: CAMO (g g de ovos^{-1}) = consumo de ração diário (g) / massa de ovos ($\text{g ovos ave dia}^{-1}$).

4.2.4. Qualidade interna e externa dos ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo, foram realizadas as análises de qualidade interna e externa dos ovos, além da determinação do peso médio destes e, para isso, apenas os ovos vendáveis foram utilizados. As características avaliadas foram: peso

médio dos ovos (g), gravidade específica (g/ml), índice de gema, % de casca, % de gema, % de albúmen, peso de casca por superfície de área e espessura da casca (mm).

Entre as medidas de qualidade, a gravidade específica foi obtida através do método de imersão de todos os ovos em diferentes concentrações de solução salina, utilizando-se soluções com densidade ajustada por meio de densímetro de Baumé variando $0,005 \text{ g mL}^{-1}$ desde $1,060$ a $1,085 \text{ g mL}^{-1}$; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton (1982).

Para as análises de qualidade interna, três ovos foram selecionados de acordo com o peso médio da unidade experimental, identificados e pesados individualmente. Após a pesagem, os ovos foram seccionados na porção equatorial, por meio de tesoura cirúrgica, e o conteúdo interno disposto sobre um vidro escuro para a determinação da altura (mm) e do diâmetro (mm) da gema e do albúmen utilizando paquímetro digital (Digimess, com precisão de $0,02 \text{ mm}$).

A determinação da altura da gema foi realizada no seu ponto mais alto e para a altura do albúmen, a medida foi realizada na região mais próxima à gema. O diâmetro foi obtido pela média de duas mensurações transversais tanto da gema quanto do albúmen. Posteriormente, por meio destes dados foi possível determinar o índice de gema (IG), dado por: $IG = (\text{altura de gema (mm)} / \text{diâmetro de gema (mm)}) \times 100$ e a Unidade Haugh (UH), calculada de acordo com Card e Nesheim (1966), considerando a altura do albúmen (A) e o peso do ovo (PO): $UH = 100 \log (A + 7,57 - 1,7 \times PO^{0,37})$.

Posteriormente, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão, e o peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. Os dados de peso permitiram quantificar as porcentagens de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo, de acordo com a equação: % do componente = (peso do componente (g) / peso do ovo (g)) x 100.

Após a secção do ovo, as cascas foram lavadas, secas e armazenadas em temperatura ambiente para determinação posterior do peso (em balança de precisão) e da espessura (mm). As medidas de espessura foram realizadas em quatro pontos distintos na região equatorial, empregando medidor de espessura (Mitutoyo®, modelo 700-118 “Quick Mini”). Além disso, foi determinado o peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), calculado utilizando-se a fórmula adaptada por Rodrigues et al. (1996), em que: $PCSA = (\text{peso da casca (g)} / 3,9782 \times \text{peso do ovo (g)}) \times 100$.

4.2.5. Parâmetros ósseos

Ao final do período experimental, procedeu-se à colheita da tíbia e do fêmur da perna esquerda de duas aves por unidade experimental para realização das análises referentes aos parâmetros ósseos (Índice de Seedor, densidade óptica radiográfica, resistência óssea e teor de cinzas). Após a colheita, os ossos foram congelados (-18 °C) e posteriormente, procedeu-se à retirada do tecido muscular, pesagem em balança de precisão e mensuração do comprimento (mm) com paquímetro digital (Digimess, com precisão de 0,02 mm), para cálculo do Índice de Seedor, proposto por Seedor et al. (1996), onde: $\text{Índice de Seedor} = \text{Peso (mg)} / \text{Comprimento (mm)}$.

Para as demais características, os ossos foram desengordurados por imersão em éter de petróleo por 24 horas e pré-secos por 72 horas em estufa de ventilação forçada a 55° C. Para a mensuração da densidade óptica radiográfica (mm Eq Al^{-1}), a captura de imagens foi realizada na Clínica de Odontologia do Hospital Universitário de Maringá, os ossos foram colocadas sobre filme periapical (Kodak® Intraoral E-Speed Film) juntamente com numeração metálica para identificação e escala de alumínio de 10 degraus com espessura de 1 mm entre um degrau e outro. Em seguida, as amostras foram radiografadas (raios-x odontológico DabiAtlante®, modelo Spectro 70X eletrônico,

operando a 70 kVp, 7 mA), utilizando tempo de exposição de 0,2 segundos e distância foco-filme de 6 cm, previamente determinados.

Após a obtenção das radiografias, o processamento das películas radiográficas foi realizado por meio de uma processadora automática (Revel Indústria e Comércio de equipamentos Ltda), com soluções Kodak RP X-Omat, digitalizadas por meio de scanner e gravadas em arquivos com extensão JPEG. A leitura das imagens foi realizada por meio do software Adobe Photoshop® CS6, utilizando a ferramenta histograma, a qual é baseada em uma escala de cinza, contendo 256 tons, no qual o zero representa o preto e o 256 representa o branco. A densidade óptica radiográfica foi obtida comparando a área de três pontos centrais do osso (10 pixels x 10 pixels) com um ponto do 3º degrau da escala de alumínio e calculada de acordo com a equação: Densidade óptica radiográfica (mm Eq Al^{-1}) = (3 x média dos três pontos do osso / medida do 3º degrau).

As estimativas de resistência óssea (kgf) foram realizadas no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá por meio de prensa para ensaios de resistência à compressão simples. Os ossos foram posicionados na posição ântero-posterior, apoiados na região das epífises, aplicado uma força na região central através de sonda com velocidade de 5 mm.s^{-1} e carga de 500 N, sendo registrada a força exercida no momento da quebra óssea, para compor a equação: Resistência óssea (kgf) = (0,1693 x força de quebra) + 0,3786.

Após a determinação da resistência óssea, seguindo as metodologias do AOAC (2005), foram determinadas a matéria seca (925-09) e a concentração de matéria mineral (923-03) da tíbia e fêmur juntos.

4.2.6. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do programa estatístico RStudio (R Core Team, 2013). Para o teste dos efeitos, foi adotado o modelo abaixo descrito, e em seguida, verificado o atendimento do pressuposto da normalidade dos resíduos.

$$Y_{ijk} : \mu + I_i + \beta_j + (I\beta)_{ij} + e\epsilon_{ijk}$$

em que:

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

μ = constante geral;

I_i = efeito da lisina digestível (LD);

β_j = efeito da energia metabolizável (EM);

$(I\beta)_{ij}$ = efeito da interação entre lisina digestível (LD) e energia metabolizável (EM);

$e\epsilon_{ijk}$ = erro aleatório associado a cada observação, supondo ser independente e identicamente distribuído com distribuição normal com média zero e variância σ^2 .

Havendo efeito significativo dos fatores ($P > 0,05$), procedeu-se às análises de regressão polinomial para os níveis de lisina digestível e energia metabolizável, buscando estimar o modelo de melhor ajuste dos polinômios, de acordo com Montgomery (2013):

$$Y : \beta_0 + \beta_1 LD + \beta_2 LD^2 + \beta_3 EM + \beta_4 EM^2 + \beta_5 LD \times EM + \epsilon$$

A exigência nutricional foi determinada em função do modelo quadrático, conforme proposto por Sakomura e Rostagno (2016).

4.2.7. Gráficos de contornos sobrepostos

Após a determinação dos modelos de regressão para as variáveis de desempenho e o cálculo das estimativas de exigências nutricionais de EM e LD, apenas as variáveis que apresentaram efeito quadrático foram selecionadas para elaboração de um gráfico de contornos (ou curvas de nível) sobrepostos para as equações obtidas, por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013).

Estes gráficos apresentam a visão superior de um gráfico de superfície, exibindo os limites para as equações em função dos fatores contínuos nos eixos, sendo que as linhas conectam pontos interpolados de igual valor, enfatizando a região viável, ou seja, a região onde a resposta para a equação está dentro de seus limites.

Para obtenção das linhas de contorno no R, faz-se necessário a implementação das equações do modelo estatístico ajustado para as variáveis de desempenho significativamente quadráticas, e do intervalo de dados utilizado para a obtenção destas (ou seja, os limites utilizados nos experimentos para EM e LD, sendo: 2650 a 3025 kcal de EM kg^{-1} e 0,82 a 1,42% de LD), o software constrói uma malha de dados com as estimativas do resultados das equações para cada variável.

Em seguida, os contornos são apresentados em um gráfico, sobrepondo as linhas de resposta para cada equação. As respostas são definidas a partir do desdobramento da equação estimada para cada variável e obtenção do ponto de máximo (ou de mínimo, dependendo da variável). Após a visualização das linhas de contorno do gráfico, identifica-se a área de intersecção das mesmas (que satisfaz simultaneamente todas as

funções sobrepostas) e procede-se à estimativa dos valores a que correspondem nos eixos, representados pelos valores de EM e LD.

4.3. Resultados

Não foi verificada interação entre EM e LD sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de postura, entre os 43 e os 168 dias de idade (Tabela 4). Porém, as variáveis taxa de postura e massa de ovos apresentaram efeito quadrático tanto da EM quanto da LD, possibilitando estimar as exigências de 1,12% de LD e 2868 kcal de EM kg^{-1} para a máxima taxa de postura e 1,11% de LD e 2832 kcal de EM kg^{-1} para a maior produção em massa de ovos (Figura 1).

A EM exerceu efeito quadrático sobre o consumo de ração diário e o consumo de EM, os quais apresentaram maiores valores ao nível de 2859 e 2763 kcal de EM kg^{-1} , respectivamente. A LD influenciou de modo quadrático somente a conversão alimentar por massa de ovos, sendo estimada em 1,10% como nível ótimo para esta variável.

A fim de se estimar as exigências nutricionais de EM e LD, um gráfico de contornos sobrepostos foi gerado, sendo possível verificar que a região viável do gráfico correspondia ao nível de 2857 kcal de EM kg^{-1} e de 1,104% de LD (Figura 2).

Tabela 4. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2650				2775				2900				3025				EP
LD (%)	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	
PM (g)	165,95	174,10	168,14	168,14	169,47	170,58	169,23	170,95	173,97	174,06	286,83	168,26	169,50	170,33	172,35	172,09	0,745
CRD (g ave dia ⁻¹)	26,40	25,61	25,50	26,63	24,28	24,00	25,24	24,50	24,33	24,04	24,41	23,01	25,24	24,69	25,05	26,38	0,155
TXP (%)	81,07	86,37	82,91	80,85	82,56	88,77	86,72	84,98	83,84	91,03	87,24	84,14	79,52	86,87	83,65	80,29	0,495
MO (g ave dia ⁻¹)	8,95	9,60	9,52	8,96	8,11	9,01	8,84	8,31	8,52	9,52	8,99	8,20	9,01	10,07	9,27	9,02	0,080
CAMO (g g de ovos ⁻¹)	2,95	2,67	2,68	2,97	3,00	2,67	2,85	2,95	2,86	2,53	2,71	2,81	2,80	2,45	2,70	2,92	0,025
IPO (dias)	52,67	54,33	52,00	52,67	52,67	52,00	51,33	54,00	48,67	51,67	51,67	53,33	52,00	51,33	53,67	52,67	0,327
Equações de Regressão	Valor de P			R ²	Estimativas												
	LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)											
CRD = 406,443 - 0,267EM + 0,0000467EM ²	0,082	<0,001(Q)	0,629	0,82	-	2859											
TXP = -875,608 + 126,747LD - 56,734LD ² + 0,630EM - 0,00011EM ²	<0,001(Q)	<0,001(Q)	0,732	0,86	1,12	2868											
MO = 155,072 + 19,864LD - 8,974LD ² - 0,111EM + 0,0000196EM ²	<0,001(Q)	<0,001(Q)	0,093	0,89	1,11	2832											
CAMO = 6,403 - 6,842LD + 3,099LD ²	<0,001(Q)	0,479	0,242	0,82	1,10	-											

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; PM: peso médio da ave; CRD: consumo de ração diário; TXP: taxa de postura; MO: massa de ovos; CAMO: conversão alimentar por massa de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

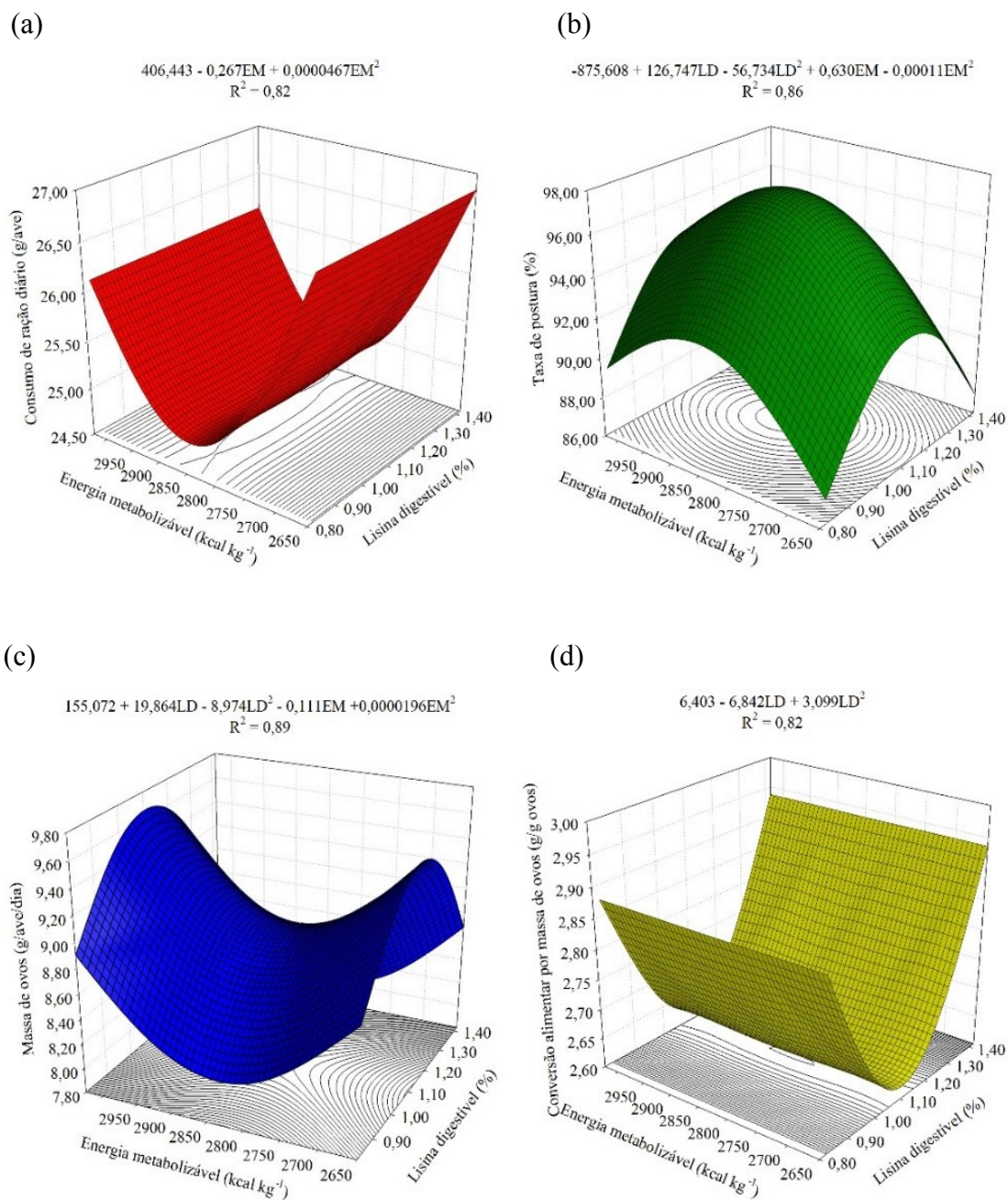


Figura 1. Consumo de ração diário (a), Taxa de postura (b), Massa de ovos (c) e Conversão alimentar por massa de ovos (d) de codornas japonesas em fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

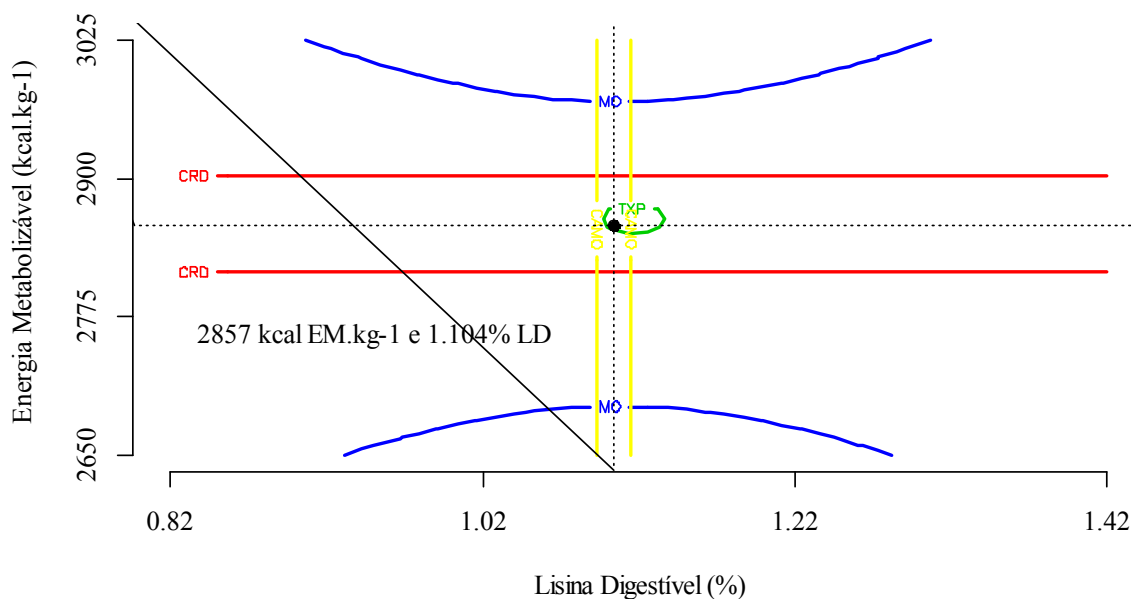


Figura 2. Contornos sobrepostos Consumo de ração diário (CRD), Taxa de postura (TXP), Massa de ovos (MO) e Conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) indicando a estimativa para energia metabolizável e lisina digestível de codornas japonesas em fase de postura

A interação significativa entre os fatores LD e EM foi verificada somente para a variável peso de casca por superfície de área, possibilitando estimar os níveis de 2795 kcal de EM kg^{-1} e 1,41% de LD (Tabela 5). Apenas a porcentagem de casca foi influenciada de modo quadrático por ambos os fatores, determinando 2821 kcal de EM kg^{-1} e 1,10% de LD como níveis ótimos.

O peso de ovo apresentou decréscimo linear em função do aumento do nível de EM da ração, enquanto que o nível de LD apresentou efeito quadrático, sendo estimado em 1,19% para esta variável. A porcentagem de gema diminuiu linearmente com o aumento no nível de LD. Com relação à porcentagem de albúmen, somente a LD demonstrou

efeito, de modo quadrático, o qual propiciou a estimativa de 1,07% de LD. A Unidade Haugh foi a única variável de qualidade de ovos a não apresentar efeito da LD, sendo que a EM exerceu efeito linear decrescente sobre a mesma.

Não houve interação significativa entre os fatores para os parâmetros ósseos das aves em postura (Tabela 6). Contudo, o índice de Seedor e a resistência óssea tanto da tíbia quanto do fêmur demonstraram efeito quadrático de ambos os fatores. Os níveis de 1,12% e 1,20% de LD e 2848 e 2896 kcal de EM kg⁻¹ foram estimados em função da variação dos dados referentes ao índice de Seedor da tíbia e do fêmur, respectivamente. Enquanto que seguindo esta mesma ordem, a resistência óssea permitiu estimar os níveis de 1,19 e 1,12% de LD e 2848 e 2800 kcal de EM kg⁻¹, respectivamente para tíbia e fêmur. A densidade óssea do fêmur foi afetada de modo quadrático pela LD, sendo que apresentou ponto de máxima com o nível de 1,06%.

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2650				2775				2900				3025				EP
LD (%)	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	
UH	91,55	91,77	91,95	92,13	92,63	90,15	91,06	90,46	91,04	90,53	90,51	89,34	89,78	91,01	90,53	90,35	0,174
IG	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,001
GE (g ml ⁻¹)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,08	0,000
PO (g)	10,70	11,07	11,21	10,89	10,46	10,77	10,83	10,73	10,38	10,62	10,66	10,60	10,31	10,54	10,64	10,51	0,037
% Casca	7,06	8,16	7,79	7,16	6,79	7,71	7,40	6,52	6,74	7,76	7,37	6,64	7,57	8,51	8,36	6,79	0,091
% Gema	30,20	31,14	29,93	29,89	31,08	31,00	30,22	29,75	31,03	30,97	30,62	30,51	30,16	31,06	30,42	30,08	0,096
% Albúmen	62,74	60,70	62,28	62,95	62,13	61,29	62,38	63,73	62,23	61,27	62,01	62,86	62,27	60,44	61,21	63,13	0,151
PCSA	3,56	4,16	3,99	3,64	3,41	3,90	3,75	3,30	3,38	3,91	3,72	3,34	3,78	4,28	4,22	3,41	0,047
ESPC (mm)	0,21	0,21	0,21	0,26	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,26	0,21	0,22	0,22	0,22	0,004

Equações de Regressão	Valor de P			R ²	Estimativas	
	LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)
UH = 102,339 - 0,0040EM	0,423	0,007(L)	0,130	0,52	-	-
PO = 10,464 + 6,481LD - 2,729LD ² - 0,0012EM	<0,001(Q)	<0,001(L)	0,847	0,81	1,19	-
% Casca = 134,955+26,78LD-12,198LD ² -0,101EM+0,0000179EM ²	<0,001(Q)	<0,001(Q)	0,070	0,94	1,10	2821
% Gema = 31,863 - 1,214LD	0,003(L)	0,208	0,546	0,51	-	-
% Albúmen = 79,813 - 34,843LD + 16,338LD ²	<0,001(Q)	0,165	0,474	0,73	1,07	-
PCSA=66,697+18,169LD-6,432LD ² -0,051EM+0,0000094EM ² -0,0014LD*EM	<0,001(Q)	<0,001(Q)	0,005(L)	0,90	1,41	2795

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; UH: Unidade Haugh; IG: índice de gema; GE: gravidade específica; PO: peso de ovo; PCSA: peso de casca por superfície de área; ESPC: espessura de casca, L: efeito linear; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

Tabela 6. Parâmetros ósseos de codornas japonesas na fase de postura em função dos níveis de energia metabolizável e lisina digestível

EM (kcal kg ⁻¹)	2650				2775				2900				3025				EP	
LD (%)	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42	0,82	1,02	1,22	1,42		
Tíbia																		
IS (mg mm ⁻¹)	88,85	89,40	89,82	87,39	75,43	78,39	83,60	75,16	77,97	80,08	80,71	80,27	84,83	90,45	84,37	83,22	0,813	
DO (mm Eq Al ⁻¹)	2,23	2,38	2,34	2,29	2,42	2,38	2,36	2,33	2,25	2,42	2,18	2,28	2,37	2,35	2,27	2,26	0,016	
REO (kgf)	36,94	43,61	43,81	39,23	28,10	33,68	33,39	33,24	24,36	27,31	26,37	27,20	28,85	29,56	29,50	30,62	0,866	
Fêmur																		
IS (mg mm ⁻¹)	69,45	76,04	75,50	72,75	65,17	66,60	68,37	67,67	62,26	74,53	73,49	70,33	68,20	69,98	70,36	71,41	0,742	
DO (mm Eq Al ⁻¹)	2,38	2,38	2,33	2,30	2,37	2,47	2,36	2,23	2,22	2,29	2,30	2,24	2,25	2,39	2,30	2,24	0,014	
REO (kgf)	28,13	33,62	32,82	27,51	21,84	28,16	26,68	23,21	20,37	25,13	25,13	21,35	39,58	45,69	46,28	38,89	1,214	
MM Tíbia+ Fêmur (%)	65,26	62,80	62,99	60,42	63,15	59,68	73,15	60,78	60,04	62,73	61,29	62,77	57,50	64,47	58,02	59,72	1,034	
Equações de Regressão				Valor de P			R ²	Estimativas										
				LD	EM	LD*EM		LD (%)	EM (kcal kg ⁻¹)									
Tíbia																		
IS = 2200,794+82,573LD-37,026LD ² -1,521EM+0,000267EM ²									0,005(Q)	<0,001(Q)	0,145	0,78	1,12					2848
REO = 1639,241+69,813LD-29,213LD ² -1,132EM+0,000194EM ²									0,005(Q)	<0,001(Q)	0,608	0,94	1,19					2917
Fêmur																		
IS = 838,706 + 103,209LD - 43,182LD ² - 0,579EM + 0,0001EM ²									0,010(Q)	0,017(Q)	0,585	0,52	1,20					2895
DO = 1,345 + 1,922LD - 0,906LD ²									0,007(Q)	0,555	0,568	0,50	1,06					-
REO = 3106,186+149,393LD-66,615LD ² -2,257EM+0,000403EM ²									<0,001(Q)	<0,001(Q)	0,924	0,95	1,12					2800

EM: energia metabolizável; LD: lisina digestível; EP: erro padrão; IS: índice de Seedor; REO: resistência óssea; DO: densidade óssea; Q: efeito quadrático; NS: não significativo

4.4. Discussão

O peso médio das aves não apresentou efeito significativo, sendo que o fato da LD não ser significativa corrobora os resultados de Pinto et al. (2003), que afirmaram ainda que estas aves apresentam baixa capacidade de deposição tecidual e que a exigência de LD para produção de ovos é predominante à do ganho de peso, visto que a relação entre o peso corporal e a massa de ovos produzida diariamente é muito estreita.

Os trabalhos conduzidos por Pinto et al. (2002), Freitas et al. (2005) e Moura et al. (2010) também constataram aumento do consumo de ração quando reduzido o nível energético de dietas para codornas japonesas, corroborando o fato de que o aumento no consumo de ração com a diminuição da concentração energética da dieta ocorre como modo de compensar a ingestão de energia para que a exigência seja atendida. Este comportamento pode acarretar desequilíbrios metabólicos que resultam em maior acúmulo de gordura corporal, pois o aumento no consumo leva ao aumento da ingestão de nutrientes desproporcionalmente à densidade energética da ração, havendo excesso destes nutrientes, que oxidados são armazenados na forma de gordura.

Murakami (2002), em revisão de dados de diversos autores, indica o nível de 62,50 kcal de EM ave dia⁻¹ como exigência diária de energia metabolizável para ótima produção de ovos de codornas. No entanto, o nível ótimo de EM estimado neste estudo indica como exigência diária o nível de 68,71 kcal de EM ave dia⁻¹, evidenciando que o avanço na seleção de aves mais produtivas tornou-as mais exigentes também.

A produção de ovos pode ser representada pela taxa de postura, que indica o percentual de aves que estão produzindo em relação à totalidade do plantel. Apesar de ambos os fatores exercerem efeito sobre a taxa de postura, a literatura relaciona os incrementos deste índice mais estreitamente à LD, como no estudo de Silva et al. (2015), que ao conduzirem uma revisão sistemática das respostas de codornas japonesas à

ingestão de energia afirmam que ainda não é possível compreender totalmente como a produção das aves responde ao consumo energético.

A massa de ovos seguiu a mesma tendência dos dados da taxa de postura, expressando efeito quadrático de ambos os fatores e apenas a LD apresentou efeito sobre a conversão alimentar por massa de ovos, atuando diretamente sobre a taxa de postura e refletindo nas outras características de desempenho.

Por meio da aplicação dos gráficos de contornos sobrepostos, foi identificada a área de intersecção das variáveis, indicando a região viável para as respostas das equações, permitindo através da simples observação dos dados, identificar os valores nos eixos do gráfico, representados pelos níveis de EM e LD.

O ponto selecionado no gráfico, que está inserido dentro da região viável (área que satisfaz os critérios de resposta desejados) indicou nos eixos EM e LD os valores destas variáveis independentes que proporcionaram os melhores resultados e dentro dessa área não existe critério para considerar uma situação melhor do que a outra, mas foram selecionados os valores das variáveis visando à minimização dos custos. Assim sendo, os níveis estimados para as exigências de EM e LD para codornas japonesas em fase de postura foram 2857 kcal de EM.kg⁻¹ e 1,104% de LD, correspondendo ao consumo diário de 68,71 kcal de EM e 269,55 mg de LD.

Comparando a estimativa de 2857 kcal de EM kg⁻¹ aos valores sugeridos pelo NRC (1994) de 2900 kcal de EM kg⁻¹, por Silva e Costa (2009) de 2800 a 2950 kcal de EM kg⁻¹ e por Rostagno et al. (2011) de 2800 kcal de EM kg⁻¹, pode-se afirmar que os valores de EM se encontram próximos ao estabelecido por estes guias de formulação.

Por sua vez, os níveis de LD apresentam grande variação mesmo entre o NRC (1994) que recomenda o nível de 1,00% de lisina total (0,88% de LD, considerando a digestibilidade da lisina igual a 88%), Silva e Costa (2009) com os níveis de 0,95 e 1,05%

para as fases pré e pós pico de postura e Rostagno et al. (2011) que apresentaram o nível de 1,09% de LD para aves com desempenho médio. Como observado, o nível estimado de 1,104% está mais próximo das referências atuais, evidenciando o incremento que ocorreu na produtividade das codornas nos últimos anos.

Com relação à qualidade dos ovos, foi verificado que para cada 100 kcal de EM a mais na ração, o peso do ovo diminui 0,12 g; o que corresponde à cerca de 1% do seu peso total. Similarmente, Pinto et al. (2002), Freitas et al. (2005) e Barreto et al. (2007) verificaram redução linear do peso do ovo com o aumento da EM da ração.

Considerando que as dietas empregadas neste estudo não foram formuladas de modo a apresentarem a mesma relação nutricional por kcal de ração, quando as aves diminuíram o consumo em função do aumento da EM, provavelmente ocorreu uma ingestão insuficiente de nutrientes para manter o peso dos ovos e a formação de seus constituintes, mostrando que o ajuste do consumo em função da EM ocorre em detrimento da função produtiva.

Como indicativo da qualidade interna de ovos, a Unidade Haugh apresentou variação linear decrescente em função do aumento do nível de EM, confirmando o fato de que a EM, ao regular o consumo das aves, reduzir a ingestão de nutrientes e o peso do ovo, resulta também em decréscimo da qualidade.

Os dados do presente trabalho e de Moura et al. (2010), que estudaram o efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa, sugerem que codornas normalmente não sofrem influência da densidade energética na formação da gema, ou seja, a porcentagem de gema produzida tem valores próximos a 30% do peso do ovo.

Murakami et al. (1993) trabalhando com codornas japonesas observaram que o aumento da EM reduziu o peso e a porcentagem de casca dos ovos, assim como neste

estudo. A explicação mais adequada para este resultado seria que a diminuição do peso do ovo em função da EM da dieta afetou o peso e a percentagem da casca, pois de acordo com Moura et al. (2010), existe uma relação inversa entre estas duas características. Este mesmo autor afirma ainda que em seu estudo sobre o efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codornas japonesas, todas as dietas possuíam os mesmos níveis de calcário, fosfato bicálcico, suplemento vitamínico e mineral, e mesmo assim, os níveis mais altos de EM reduziram o consumo da ração, diminuindo também a ingestão destes ingredientes. Isso ocasionou piora na qualidade da casca, considerando que a mobilização do cálcio para a produção da casca foi a mesma para todas as dietas.

Apenas a espessura da casca não foi influenciada pelos fatores, demonstrando que a adoção da medida de peso de casca por superfície de área é mais exata no fornecimento de informações sobre a qualidade da casca dos ovos. Esta unidade de medida considera a relação entre os pesos do ovo inteiro e da casca, que são dados menos influenciados por erros associados ao manuseio de equipamentos e perícia do analisador do que a medida da espessura. Geralmente, a espessura é obtida através de medições em quatro pontos na área equatorial das cascas limpas por meio de um medidor de espessura ou micrômetro. Se houver quebras na casca, ou se o local onde o aparelho é posicionado for inadequado, ocorrem variações de medida, que contribuem para aumentar o erro experimental.

A biomineralização da casca do ovo é efetuada por células especializadas do oviduto das aves em postura, como uma linha de montagem de acordo com a passagem do ovo pelo oviduto. Arias e Fernandez (2001) afirmaram que muitas macromoléculas da casca do ovo são depositadas numa ordem temporal e espacial definida, com a membrana de colágeno tipo X sendo responsável pela inibição de mineralização da estrutura fibrilar.

As vias de degradação da lisina incluem a via da enzima lisil-oxidase que é responsável por ligações cruzadas do colágeno e da elastina. Esta enzima, em concentrações elevadas, estimula erroneamente a reabsorção óssea, predispondo as aves a vários problemas ósseos, como por exemplo discondroplasia tibial e diminuição da mineralização e, conseqüentemente, da resistência óssea (Leach Jr. e Monsonego-Ornan, 2007). Assim sendo, a lisina participa da formação do colágeno presente no organismo animal e o correto aporte desta estrutura propicia uma melhor composição, tanto óssea quanto de casca do ovo.

Liu (2000), ao avaliar o efeito dos lipídios da dieta sobre as características ósseas de codornas japonesas, relata que as propriedades e níveis de minerais e colágeno, bem como a microarquitetura e anatomia do osso tal como a orientação das fibras de colágeno, porosidade, densidade e estrutura molecular dos minerais determinam a resistência biomecânica. Assim, um decréscimo no colágeno ósseo resulta diretamente em decréscimo na resistência dos ossos de aves (Masse et al., 1996). Por este motivo, os níveis ofertados de LD devem satisfazer não só a demanda para síntese proteica, mas também para a formação de outros compostos e o nível de EM da dieta deve propiciar que a quantidade de ração ingerida contenha o volume necessário de nutrientes para que as demais funções do organismo sejam desempenhadas.

Durante muito tempo, os estudos voltados para a avaliação dos parâmetros ósseos estavam focados mais no conteúdo e na composição mineral do que na matriz orgânica, tanto que a maioria destes visa a suplementação de nutrientes que afetam a matriz inorgânica do osso, limitando-se ao cálcio, fósforo e vitamina D₃. No entanto, este comportamento pode mascarar diversos resultados, como pode ser observado neste estudo, onde todos os parâmetros ósseos foram significativos, com exceção da porcentagem de matéria mineral. Assim, a manipulação dos níveis de LD e EM podem

gerar uma matriz orgânica com mais qualidade, predisposta a agregar melhor os minerais, contribuindo para melhores índices de qualidade externa de ovos.

4.5. Conclusão

Considerando as estimativas obtidas por meio dos gráficos de contornos sobrepostos que otimizou a resposta do efeito da EM e da LD sobre as características de desempenho, foram estimados os níveis de 2857 kcal de EM kg⁻¹ e 1,104% de LD como recomendação para formulação de dietas para codornas japonesas em postura, correspondendo ao consumo diário de 68,71 kcal de EM e 269,55 mg de LD.

4.6. Literatura citada

- Arias, J. L. e Fernandez, M. S. 2001. Role of extracellular matrix molecules in shell formation e structure. *World's Poultry Science Journal* 57:349–357.
- Azeredo, H. M. C.; Mattoso, L. H. C.; Avena-Bustillos, R. J.; Ceotto Filho, G.; Munford, M. L.; Wood, D. e McHugh, T. H. 2010. Nanocellulose reinforced chitosan composite films as affected by nanofiller loading and plasticizer content. *Journal of Food Science* 75:1-7.
- Barreto, S. L. T.; Quirino, B. J. S.; Brito, C. O.; Umigi, R. T.; Araujo, M. S.; Coimbra, J. S. R.; Rojas, E. E. G.; Freitas, J. F. e Reis, R. S. 2007. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:79-85.
- Belo, M. T. S.; Cotta, J. T. B. e Oliveira, A. I. G. 2000. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. *Ciência e Agrotecnologia* 24:782-794.
- Card, L. E. e Nesheim, M. C. 1966. *Poultry production*. 10th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, Philadelphia.
- Freitas, A. C.; Fuentes, M. F. F.; Freitas, E. R.; Sucupira, F. S. e Oliveira, B. C. M. 2005. Efeito de níveis de proteína bruta e de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de codornas de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:838-846.
- Hamilton, R. M. G. 1982. Methods e factors that affect the measurement of egg shell quality. *Poultry Science* 61:2022-2039
- Leach Jr., R. M. e Monsonego-Ornan, E. 2007. Tibial dyschondroplasia 40 years later. *Poultry Science* 86:2053-2058.
- Liu, D. The effects of dietary lipids on bone chemical, mechanical, e histological properties in Japanese quail (*Coturnix c. japonica*). Thesis (D.Sc.). Virginia Polytechnic Institute e State University, Blacksburg.
- Mahmood, M.; Saima, A. R.; Akram, M.; Pasha, T. N. e Jabbar, M. A. 2014. Effect of dietary energy levels on growth performance e feed cost analysis in Japanese quail. *Pakistan Journal of Zoology* 46:1357-1362.
- Masse, P. G.; Rimnac, C. M.; Yamauchi, M.; Coburn, S. P.; Rucker, R. B.; Howell, D. S. e Boskey, A. L. 1996. Pyridoxine deficiency affects biomechanical properties of chick tibial bone. *Bone* 18:567-574.
- Mogin, P. 1981. Recent advances in dietary anion-cation balance: application in poultry. *Procedure Nutrition Society*: 40:285-294.
- Montgomery, D. C. 2013. *Design and analysis of experiments*. 8th ed. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.

- Moura, G. S.; Barreto, S. L. T. e Lanna, E. A. T. 2010. Efeito da redução da densidade energética de dietas sobre as características do ovo de codorna japonesa. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:1266-1271.
- Murakami, A. E.; Moraes, V. M. B. e Ariki, J. 1993. Níveis de proteína e energia em dietas de codornas Japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 22: 541-551.
- Murakami, A. E. 2002. Nutrição e alimentação de codornas japonesas em postura. p.283-309. In: 39^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Recife.
- National Research Council - NRC. 1994. Nutrient requirements of poultry. 8th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Pinto, R.; Ferreira, A. S. e Albino, L. F. T. 2002. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1761-1770.
- Pinto, R.; Ferreira, A. S.; Donzele, J. L.; Silva, M. A.; Soares, R. T. R. N.; Custódio, G. S. e Pena, K. S. 2003. Exigência de lisina para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:1182-1189.
- R Core Team. 2013. R: A language e environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rodrigues, P. B.; Bertechini, A. G.; Oliveira, B. C.; Teixeira, A. S. e Oliveira, A. I. G. 1996. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. *Revista Brasileira de Zootecnia* 25:248-260.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. T. e Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3 ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Sakomura, N.K. e Rostagno, H.S. 2016. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ed. FUNEP: Jaboticabal.
- Seedor, T.; Watanabe, E. e Kadowaki, W. 1996. Effect of dietary e arginine levels on bone development in broiler chicks. *Animal Science e Technology*, 67:7-13.
- Silva, J.H.V. e Costa, F.G.P. 2009. Tabela para codornas japonesas e europeias. 2^a ed. FUNEP, Jaboticabal, SP.
- Silva, E. P.; Lima, M. B.; Gonçalves, C. A.; Sakomura, N. K.; Silva Júnior, P. R. e Castiblanco, D. M. C. 2015. Revisão sistemática das respostas de codornas japonesas à ingestão de energia. In: 52^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belo Horizonte.

- Souid, H.; Sahnoun, M.; Babay, A. e Cheikrouhou, M. 2012. Slub yarn quality optimization by using diagrams of superimposed contours. *International Journal of Engineering Science & Advanced Technology* 8:796-800.
- Taccari, M.; Canonico, L.; Comitini, F.; Mannazzu, I. e Ciani, M. 2012. Screening of yeasts for growth on crude glycerol and optimization of biomass production. *Bioresource Technology* 110:488-495.
- Zainal, S.; Noorul Fhadila, K.; Ri Hanum, Y. S. e Rahmah, M. 2014. Optimization of Chitoasn Extract from Cockle Shell using Response Surface Methodology (RSM). *Asian Journal of Agriculture and Food Science* 2:314-323.

V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo estimou as exigências nutricionais de energia metabolizável (EM) e lisina digestível (LD) para codornas japonesas nas fases de cria (1 a 14 dias), que foram de 3030 kcal de EM kg⁻¹ e 1,221% de LD; na fase de recria (15 a 42 dias), em que foram estimados os níveis de 3055 kcal de EM kg⁻¹ e 1,202% de LD e na fase de postura, sendo os níveis recomendados iguais a 2857 kcal de EM kg⁻¹ e 1,104% de LD.

Estas estimativas foram obtidas por meio do uso de gráficos de contornos sobrepostos, apresentando um novo modo de estimar as exigências nutricionais, ao combinar as múltiplas respostas das variáveis de desempenho em uma determinada região do gráfico, que pode ser facilmente visualizada e permite identificar os pontos que representam os eixos compostos pelos valores dos fatores empregados no estudo.

Esta abordagem permitirá um maior conhecimento do metabolismo das codornas japonesas por meio dos resultados apresentados e a interrelação que a EM e LD apresentam no organismo animal, provendo uma fonte de dados para outros estudos.