

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO A
DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA NA META**

Diana Maryuri Correa Castiblanco

Medica Veterinária e Zootecnista

2017

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO A
DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA NA META**

Diana Maryuri Correa Castiblanco

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silvana Martinez Barldi

Coorientador: Prof. Dr. Edney Pereira da Silva

**Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Doutor em Zootecnia**

C824r Correa Castiblanco, Diana Maryuri
Respostas de codornas em produção a diferentes níveis de energia na meta
Diana Maryuri Correa Castiblanco. – – Jaboticabal, 2017
xiv, 72 p. : il. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientador: Silvana Martinez Baraldi Artoni
Co-Orientador: Edney Pereira da Silva
Banca examinadora: Nilva Kazue Sakomura, Lizandra Amoroso, José Fernando Machado Menten, Daniel Emygdio de Faria Filho.
Bibliografia

1. Codornas de postura. 2. Dose resposta. 3. Energia metabolizável. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.85:636.5

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



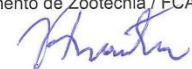
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

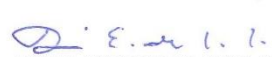
TÍTULO: RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO A DIFERENTES NÍVEIS DE
ENERGIA NA META

AUTORA: DIANA MARYURI CORREA CASTIBLANCO
ORIENTADORA: SILVANA MARTINEZ BARALDI ARTONI
COORDENADOR: EDNEY PEREIRA DA SILVA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ZOOTECNIA,
pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. JOSÉ FERNANDO MACHADO MENTEN
Departamento de Zootecnia / Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Piracicaba/USP


Prof. Dr. DANIEL EMYGDIO DE FARIA FILHO
Departamento de Zootecnia / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/ USP - Pirassununga


Profa. Dra. NILVA KAZUE SAKOMURA
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 06 de março de 2017.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DIANA MARYURI CORREA CASTIBLANCO – nascida na cidade de Tuluá – Colômbia, no dia 29 de Março de 1987, filha de Lope Didier Correa Cardona e Maria Carmelita Castiblanco. Em fevereiro de 2005 ingressou no curso de Medicina Veterinária e Zootecnia da Univerdiade de la Amazonia – Florencia, graduando-se em dezembro de 2009. Em março de 2010, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Produção Animal e subárea Nutrição de Monogástricos, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – Câmpus de Jaboticabal, sob a orientação do Prof. Dr. Otto Mack Junqueira obteve bolsa CNPq, defendendo a dissertação em junho de 2012. Em março de 2013 iniciou as atividades do curso de Doutorado na mesma instituição sob orientação da Prof^a Dr^a Silvana Martinez Baraldi Artoni e co-orientação do Prof^o Dr^o Edney Pereira da Silva e foi bolsita do Programa de Estudantes-Convênio de Pós-Graduação (PEC-PG).

Aos meus pais,

Maria Carmelita Castiblanco Lopez e Lope Didier Correa Cardona

*Pelo amor e apoio incondicional isso me fortaleceu para aliviar nos dias mais
tristes longe de casa. Por todos os esforços para me ajudarem a estudar.
Vocês são minha base e o suporte da minha vida, sem vocês eu não chegaria
até aqui. Amo vocês infinitamente.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por tudo.

À minha família pelo apoio incondicional, por me tornar uma pessoa valores e humildade.

À Unesp – Câmpus de Jaboticabal e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de realização do curso.

À Profa. Dra. Silvana Martinez Baraldi Artoni, pela confiança depositada em mim, pela oportunidade e pelos ensinamentos.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. Edney Pereira da Silva, pela confiança e credibilidade depositada nesse projeto e em mim e ensinamentos.

Ao programa PEC-PG pela concessão da bolsa de doutorado.

À granja Loureiro e Vicami, pela doação das gaiolas e aves para a realização do experimento.

Aos membros da banca da qualificação e da defesa, pelas contribuições feitas, que, com certeza, foram de grande valor para melhorar a tese.

Ao professor Euclides Malheiros e o professor Ferraudó, pelo auxílio na análise estatística.

À Michelle pela amizade e valiosa ajuda durante e após o experimento e no desenvolvimento da tese, pelos ensinamentos, críticas.

Ao meu grande e querido Prof. Dr. Otto Mack Junqueira, obrigada por ter me aceitado ser sua orientada do mestrado e abrir as portas no caminho acadêmico aqui no Brasil, admiro muito o senhor.

Aos meus amigos e companheiros, Vitor Almeida, Eduardo Alves, Carla, Sarah, Thays, Renan e aos estagiários, Gabriela, Saliha, Diogo, Felipe, Fernanda, Naudin, Ricardo. Obrigada pela ajuda sem vocês não tivesse sido possível a realização desse trabalho.

Aos amigos colombianos, mexicanos, equatorianos pelas integrações e por fazerem mais leve a nossa estadia aqui em Jaboticabal.

Aos amigos do aviário Robson, Zildo e Vicente obrigada pela ajuda e apoio.

Ao Brasil por sua hospitalidade, amo o Brasil, as pessoas, as oportunidades que existem neste país apesar dos problemas que existem vou sentir muita saudade.

Agradeço de forma especial a Jessi, pela compreensão e apoio, pela ajuda na execução do experimento, por acreditar em mim, você é uma irmã de coração, obrigada por tudo, admiro muito você.

A minha amiga Elaine (Tocha), obrigada pelo apoio, pelas puxadas de orelha, por se preocupar por mim, você esteve presente em estes quatro anos de doutorado, você é uma pessoa maravilhosa e Deus têm coisas muito boas para você.

As minhas outras duas amigas irmãs Edna e Yury, vocês conhecem o meu caminho desde que chegue no brasil e sempre contei com o apoio de vocês, vocês são minha família aqui.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para realização desse trabalho. Meu muito obrigada a todos!

Muito obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO SUBMETIDAS A NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL.

Tabela 1.	Níveis de diluição e energia metabolizável utilizados no ensaio	17
Tabela 2.	Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais	18
Tabela 3.	Composição percentual e nutricional calculada dos tratamentos	19
Tabela 4.	Média ($\pm$ erro padrão) e parâmetros ajustados para consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovos (g/dia) e conversão alimentar por massa de ovos (g/g) de codornas japonesas na fase de produção.	26
Tabela 5.	Médias observadas $\pm$ erros padrão para peso da ave (PA, g), peso do fígado (PF, g), comprimento do fígado (CF, cm), peso do lobo direito (PLD, g), peso do lobo esquerdo (PLE, g), peso do oviduto (PO, g), comprimento do oviduto (CO, cm), número de pregas do magno (NPM), número de pregas do itsmo (NPI)	31
Tabela 6.	Médias observadas $\pm$ erros padrão para esteatose, número de células de Kupffer, área de esteatose e área das células Kupffer.	31
Tabela 7.	Resultados da análise de fatores de parâmetros morfológicos e histológicos do fígado e oviduto de codornas de postura submetidas a diferentes níveis de energia.	32

CAPÍTULO III – PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS

Tabela 1.	Níveis de diluição e energia metabolizável utilizadas no ensaio.	45
Tabela 2.	Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais.	46
Tabela 3.	Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais.	47
Tabela 4.	Resumo das variáveis de desempenho de um lote comercial de codornas japonesas do início do período produtivo ao descarte	54
Tabela 5.	Respostas de codornas japonesas submetidas a diferentes concentrações de energia metabolizável na dieta.	56
Tabela 6.	Predição da ingestão de energia e concentração de energia metabolizável na dieta baseado em respostas de um lote comercial de codornas japonesas	63

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO II – RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO SUBMETIDAS A NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL.

Figura 1.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e o consumo de ração (g/ave/dia) de codornas japonesas na fase de postura.	27
Figura 2.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e a produção de Ovos (%/ave/dia) de codornas japonesas.	28
Figura 3.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e o peso do ovo (g) de codornas japonesas.	28
Figura 4.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e a massa de ovos (g/ave/dia) de codornas japonesas.	29
Figura 5.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e a conversão alimentar (g/g) de codornas japonesas na fase de postura.	29
Figura 6.	Relação entre os níveis de energia metabolizável e ganho de peso ou variação do peso corporal (g/dia) de codornas japonesas na fase de postura.	30

CAPÍTULO III – PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS

Figura 1.	Energia retida (ER) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.	57
Figura 2.	Produção de calor (PC, kcal/kg ^{0.67} /dia) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.	58
Figura 3.	Energia retida no corpo livre de penas (CLP) em função do peso de corpo livre de penas (CLP) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.	59
Figura 4.	Energia retida na massa de ovo em função da ingestão de energia metabolizável corrigida (IEMc) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.	60
Figura 5.	Avaliação do viés de predição da ingestão de energia metabolizável para codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade. Relação entre erro (observado – predito) em função do valor predito.	61

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REFERENCIAL TEÓRICO.....	2
2.1 Energia na dieta de codornas de postura	2
2.2 Partição da energia para manutenção e produção.....	3
2.3 Métodos para determinar exigência de energia.....	4
2.4 Fígado.....	5
2.5 A codorna como modelo animal.....	6
3. OBJETIVOS.....	7
3.1 Geral.....	7
3.2 Específicos.....	7
4. REFERÊNCIAS.....	7
CAPÍTULO II - RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO SUBMETIDAS A NÍVEIS DE ENERGIA METABOLIZÁVEL	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO.....	15
MATERIAL E MÉTODOS.....	16
RESULTADOS.....	23
DISCUSSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	36
CAPÍTULO III – PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS.....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
INTRODUÇÃO.....	42
MATERIAL E MÉTODOS.....	44
RESULTADOS.....	55
DISCUSSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	69

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 6.725/15 do trabalho de pesquisa intitulado **"Modelagem da utilização da energia dietética de codornas japonesas em produção"**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Edney Pereira da Silva está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 11 de maio de 2015.

Jaboticabal, 11 de maio de 2015.



Prof.ª Dr.ª Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA

RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO A DIFERENTES NÍVEIS DE ENERGIA NA META

RESUMO: Objetivou-se com esta pesquisa: 1) avaliar as repostas zootécnicas e morfométricas do fígado e oviduto de codornas japonesas, submetidas a diferentes níveis de energia metabolizável; 2) reavaliar a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos, a partir de estudo dose-resposta, utilizando como base a técnica da diluição para modificar a retenção de energia das aves. Para o objetivo 1, foram utilizadas 270 codornas da linhagem, VICAMI®, o período experimental foi de seis semanas. As variáveis zootécnicas analisadas foram: consumo de ração, produção de ovos, peso dos ovos, massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos, peso corporal e variação do peso corporal. Foram avaliados parâmetros de morfometria e histológicos do fígado e do oviduto. Para o objetivo 2, foram utilizadas 300 codornas da mesma linhagem, o período experimental foi de 10 semanas. As variáveis analisadas foram: ingestão de energia metabolizável (IEM), massa de ovo (MO) e energia retida (ER) foram expressas em kcal/kg^{0,67}. A eficiência de utilização (k_i) foi estimada pela relação entre ER e IEM. A energia metabolizável para manutenção (EMm) foi obtida resolvendo a equação $ER = 0$. A exigência de energia líquida para ganho de peso (GP) foi obtida pela relação entre ER no corpo livre de pena (CLP) em função do CLP. A eficiência de utilização para produção de ovos (k_o) foi obtida pela relação entre ER na MO e IEM corrigida para manutenção e ganho de peso. As conclusões obtidas foram: 1) Os níveis estudados de energia metabolizável afetaram as respostas de codornas na fase de produção, sendo a concentração de 2.960 kcal/kg, o nível que permitiu melhora nas variáveis zootécnicas e não comprometeu a morfometria do fígado e do oviduto das aves. 2) Com base nas eficiências foram calculadas as exigências para GP e MO. A energia ingerida por codornas japonesas particionou conforme o modelo: $IEM = 135,12 \times P^{0,67} + 5,25 \times GP + 3,1 \times MO$.

Palavras-chave: codornas de postura, dose resposta, energia metabolizável, partição de energia, técnica da diluição

RESPONSES OF QUAILS IN PRODUCTION AT DIFFERENT LEVELS OF ENERGY IN THE META

ABSTRACT - Objective with this research: To evaluate the zootechnical and morphometric responses of liver and oviduct from Japanese quails, submitted to different levels of metabolizable energy; 2) To re-evaluate the energy partition for Japanese quails in the egg production phase, from a dose-response study, using the dilution technique to modify the energy retention of birds. For objective one, two hundred seventy quails of the VICAMI® lineage were used, the experimental period was six weeks. The zootechnical variables analyzed were: feed intake, egg production, egg weight, egg mass, feed conversion by egg mass, body weight and body weight variation. Were evaluated parameters morphometry and histological of the liver and oviduct. For the objective two, were used three hundred Japanese quail, the experimental period was 10 weeks. The variables analyzed were: metabolizable energy intake (MEI), egg mass (EO) and retained energy (RE) were expressed as kcal / kg^{0.67}. The efficiency of use (k_t) was estimated by the relation between (RE) and (MEI). The metabolizable energy for maintenance (ME_m) was obtained by solving the equation RE = 0. The net energy requirement for weight gain (WG) was obtained by the relation between RE in the feather free body (FFB) as a function of the FFB. The efficiency of use for egg production (k_o) was obtained by the relationship between RE in EO and corrected MEI for maintenance and weight gain. The conclusions obtained were: 1) The studied levels of metabolizable energy affected quails responses in the production phase, being the concentration of 2,960 kcal/kg, the level that allowed improvement in all evaluated zootechnical variables and did not compromise the liver and oviduct morphometry of birds. 2) 2) Based on the efficiency, the requirements for WG and EO were calculated. The energy ingested by Japanese quails partitioned according to the model: $MEI = 135,12 \times P^{0,67} + 5,25 \times WG + 3,1 \times EO$.

Keywords: laying quail, dose response, metabolizable energy, energy partition, dilution technique

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

Com o aumento mundial da população aliado a degradação dos recursos naturais os mercados e governos buscam novas alternativas de produções. A coturnicultura têm se tornado uma atividade produtiva e economicamente rentável, na indústria avícola, pois a produção requer pequenos espaços, e os ovos e a carne de codornas, são considerados ricos nutricionalmente.

No Brasil, o alojamento de codornas para produção de ovos, supera os 24 milhões por ano. Conforme a série histórica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), no período de 1980-2009, a taxa de crescimento da produção de ovos no Brasil foi exponencial.

As melhorias na nutrição, genética, sanidade e na criação destas aves com a aplicação de tecnologias nas granjas com controle do ambiente nos galpões, possibilitaram, as aves aumentar o consumo de ração, o peso corporal e o peso dos ovos, podendo ser definido como excesso de nutrientes. Em virtude dessas mudanças ainda não há padronização de linhagens comerciais, o que tem contribuído para a variação das exigências nutricionais das codornas de postura (ROSTAGNO et al., 2017).

Devido as codornas ainda não ter uma linhagem padronizada a maior parte das recomendações nutricionais foram estimadas de outras espécies de aves, como galinhas poedeiras e frangos de corte (ROSTAGNO et al., 2005), e depois, adaptadas para as codornas. Isto tem sido motivação de novos estudos que possam determinar as exigências para codornas na fase de postura para possibilitar o seu ótimo desempenho (produção de ovos).

No Brasil existem tabelas de requerimentos nutricionais (SILVA e COSTA, 2009; ROSTAGNO et al., 2017), embora na literatura existe uma divergência em relação a exigência de energia para codornas na fase de postura que varia de 2.600 a 3.100 kcal/kg (Barreto et al., 2007; Cavalcante et al. 2010).

As publicações sobre exigência de energia metabolizável para codornas na fase de postura grande parte são baseadas em ensaios dose-resposta e as recomendações foram baseadas na ausência de significância de resultado, indicando o menor nível avaliado, além de possui limitações em não considerar

os efeitos das condições ambientais e genéticas, como ganho de peso e massa de ovos. Existe outro método, o fatorial, este é bastante utilizado para a elaboração de modelos que estimam as exigências para frangos de corte, galinhas e matrizes, considerando o peso, composição corporal, potencial de crescimento e produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2016).

Apenas uma pesquisa foi encontrada para predizer as exigências de energia para codornas, Jordão Filho (2011). Modelar a partição da energia utilizada para, ganho de peso e produção de ovos pode oferecer uma ferramenta aos nutricionistas para corrigir a quantidade de energia e contribuir com as codornas criadas em condições brasileiras visando atingir seu máximo potencial genético.

Considerando o exposto, esta pesquisa foi realizada para avaliar as respostas de desempenho e morfométricas do fígado e oviduto e reavaliar a partição da energia de codornas japonesas na fase de postura.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia na dieta de codornas de postura

A energia não é exatamente um nutriente, ela participa no crescimento de tecidos, produção de ovos, manutenção das funções vitais, termo regulação corporal e atividade. Sendo destinado à produção apenas 20% da energia consumida via dieta (NETO, 2003).

O nível energético prevalece a idéia de que as aves consomem alimentos para atender às necessidades em energia (BERTECHINI, 2006). Tanto o excesso quanto a deficiência de energia ocasionam perda de produtividade. Segundo Albino e Barreto, (2003), o excesso de energia pode promover superovulação, aumento da produção de ovos de duas gemas e da absorção de ovócitos na cavidade abdominal, ampliando do intervalo de postura e, por conseguinte, prejudicando o desempenho.

Normalmente as exigências de proteína bruta, aminoácidos e de outros nutrientes são expressas em função dos níveis de energia metabolizável da ração (SILVA et al., 2003). As publicações sobre exigências de energia para codornas japonesas na fase de postura são fragmentadas e, grande parte quase exclusivamente de ensaios de dose resposta que não oferecem suporte para

que seja possível estudar as respostas em relação ao que foi ingerido e utilizado para manutenção e com que eficiência a energia foi utilizada para produção de ovos (STRINGHINI et al., 1998 – 2.700 kcal/kg; PINTO et al., 2002 - 2.850 kcal/kg; KADAM et al., 2006 – 2.700 kcal/kg; MOURA et al., 2010 – 2.800 kcal/kg).

Uma outra dificuldade que enfrenta a nutrição de codornas é que a maior parte das recomendações nutricionais foram estimadas com outras espécies de aves, como galinhas poedeiras e frangos de corte, e depois, adaptadas para as codornas (MOURA et al., 2008).

Segundo Rostagno et al. (2017) as codornas de postura têm necessidades nutricionais diferentes às galinhas de postura. As exigências diferem de poedeiras comerciais em vários aspectos anatômicos e fisiológicos como por exemplo o tempo de passagem dos alimentos no trato digestivo de codornas é muito mais rápido, sendo de 1 a 1,5 horas em codornas e 3-5 horas em galinhas. Silva et al., (2003). Esse fato pode gerar diferenças na digestibilidade, no aproveitamento e na determinação do valor energético dos alimentos.

2.2 Partição da energia para manutenção, e produção

A energia ingerida segue prioritariamente três destinos: gasto com atividade normal, gasto com a produção de calor para manter a homeotermia corporal e gasto com a deposição ou perda de nutrientes do corpo das aves, caso seja consumida em excesso. Barreto et al. (2007) citam que a quantidade de energia metabolizável consumida depende da necessidade da ave, do peso corporal, da fase de postura, do crescimento, dos níveis de manutenção e do ambiente de criação.

Com base no entendimento do fracionamento da exigência de energia para manutenção e eficiência de utilização é possível iniciar trabalhos de modelagem para quantificar e corrigir a influência da variação do peso corporal e produção de massa de ovo sobre a ingestão de energia para determinada população, que tende variar de forma não linear com a desuniformidade da população (GOUS et al., 1987).

Uma fonte de variação sobre a eficiência de utilização da energia tem sido o excesso de aminoácido nas dietas (ALETOR et al., 2000), e esse assunto tem sido pouco estudado para codornas (SILVA et al., 2011; 2012). Não somente a

relação de aminoácidos essenciais (AAE) e não essenciais (AANE), mas também em relação às fontes utilizadas nas formulações das rações, se é aminoácido sintético ou proteína intacta (ALETOR et al., 2000; OLIVEIRA et al., 2014). Por exemplo, a eficiência de utilização da energia para produção de ovo foi calculada em 37% (JORDÃO FILHO et al., 2011), entretanto, esse valor é afetado pela relação AAE:AANE (ALETOR et al., 2000).

Os resultados obtidos por Moura et al. (2010) ratificam a necessidade de aprofundar as pesquisas neste sentido. Uma análise detalhada mostra que os tratamentos equidistantes 2.900 kcal/kg e 20% de PB e 2.500 kcal/kg e 17,24% de proteína bruta resultaram em respostas, para massa de ovos semelhantes, sendo as aves que receberam dieta com 2.500 kcal/kg e 17,24% de proteína bruta apresentaram melhor eficiência de utilização em detrimento da redução dos AANE da dieta.

2.3 Métodos para determinar exigência de energia

Existem basicamente duas metodologias para estimar as exigências nutricionais das aves: o método empírico “dose resposta” e o método mecanicista “fatorial” (CHWALIBOG, 1992; SAKOMURA, 1996; SAKOMURA et al., 2005b).

O método dose resposta consiste na formulação de uma dieta referência, deficiente apenas no nutriente estudado e o aumento progressivo deste nutriente na ração provoca resposta de desempenho que pode ser interpretada com aplicação de um modelo matemático (SILVA et al., 2004). A maioria dos estudos de exigências nutricionais tem empregado este método, em virtude da praticidade da análise estatística, do baixo custo de operação e do manejo facilitado (VALADARES FILHO et al., 2002)

As exigências de proteína e energia de codornas têm sido mais estimadas pela metodologia empírica com aves na fase de postura. As codornas apresentam maior exigência dietética em proteína que poedeiras e frangos de corte (RIBEIRO et al., 2003), enquanto a exigência de energia é muito semelhante entre estas espécies. Quando se avalia a eficiência protéica e/ou energética para a produção de ovos, ou seja, o quanto de proteína e/ou energia da dieta que foi efetivamente depositada no corpo ou ovo, o método tradicional não consegue fracionar as exigências por ser muito conservador, devido às

estimativas de manutenção, ganho e produção serem obtidas de forma conjunta (JORDÃO FILHO, 2008).

O método fatorial é baseado no princípio de que a exigência em energia ou nutrientes do animal é a quantidade a ser fornecida para sua manutenção, crescimento, engorda e produção (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007). Esta metodologia é bastante trabalhosa, demorada e onerosa, devido às análises laboratoriais e os equipamentos envolvidos no processo (VALADARES FILHO et al., 2002).

O método fatorial permite o desenvolvimento de modelos de predição para estimar as exigências de animais em crescimento, produção que, no caso das aves, resume as exigências de manutenção, ganho, empenamento e produção de ovos (ALBINO et al., 1994. SILVA et al., 2004a; SAKOMURA et al., 2005b).

Este método representa uma ferramenta para a compreensão do metabolismo energético e proteico dos animais, importante para os estudos de modelagem, os quais visam a definição de um sistema mais adequado para a produção.

2.4 O fígado

O fígado é um dos órgãos mais importantes para o organismo das aves com propriedades endócrinas e exócrina. Anatomicamente apresenta dois grandes lobos direito e esquerdo, que se encontram localizados abaixo do esterno. Cada lobo é drenado por um ducto biliar, que se estende até o duodeno. O fígado possui várias funções, entre elas função secretora de bile para o tubo digestivo, necessárias para a emulsificação de gorduras, metabolização de glicídios, lipídeos e proteínas (BARALDI-ARTONI et al., 2014).

O consumo excessivo de energia para rações de codornas durante a produção de ovos leva ao aumento de gordura abdominal envolvendo alguns órgãos especialmente no aparelho reprodutivo e o fígado, que estão associados com a redução da eficiência produtiva das aves (LEKSRIOMPONG, 2010). Excesso de gordura no fígado e no ovário foi reportado por Bertechini (2006) como possíveis causas do desequilíbrio energético nas dietas e poedeiras e, portanto, repercutindo para a redução da produção de ovos.

A esteatose hepática ou fígado gorduroso a causa deste problema é por diversos fatores nutricionais e metabólicos (BUTLER, 1976; JENSEN, 1976).

Fatores genéticos, ambientais e hormonais também são responsáveis do fígado gorduroso em aves (HANSEN e WALZEM, 1993; ROZENBOIM et al., 2016).

As células de Kupffer, que correspondem à maior população de macrófagos no organismo e as células *natural killer* hepáticas (SEKI et al., 2000). Essas células formam a maior parte do retículo endotelial ou sistema fagócito mononuclear (GANDHI, 2011). Devido à sua localização topológica nos sinusoides hepáticos, que representa a primeira linha de defesa, apresenta papel essencial não só na defesa do hospedeiro, como também nos mecanismos compensatórios para a manutenção da homeostase (NAITO et al., 2004).

2.5 A codorna como modelo animal

Outra dificuldade que a coturnicultura vem enfrentando tem sido o uso da ave como modelo animal (HUSS et al., 1988), devido a sua rusticidade, ciclo curto de reprodução e baixo custo de manutenção, destaca-se por apresentar vantagens sobre a criação de outras espécies de aves.

Existem poucas pesquisas que consideram as codornas nas linhas de pesquisas. A limitação dessas informações prejudica a elaboração de dietas para máxima lucratividade e desempenho das produções. É imprescindível à realização de novos estudos que possibilitará formulação de rações experimentais considerando valores de energia precisos e definirá o limite de redução proteica da dieta como base no método da deleção para as aves na fase de produção de ovos.

Apesar da importância das codornas como produtoras de alimentos (carne e ovos) no Brasil, os trabalhos científicos na área de nutrição com esta espécie ainda são escassos (Ribeiro et al., 2003) e, mesmo em nível mundial, poucos estudos foram realizados para desenvolver modelos de predições das exigências nutricionais destas aves, principalmente, considerando as condições de alojamento e as características fenotípicas entre codornas de corte e postura.

3. Objetivos

3.1 Geral

Estudar a utilização da energia dietética de codornas na fase de postura.

3.2 Específicos

i) Avaliar as respostas zootécnicas e morfométricas do fígado e oviduto de codornas japonesas na fase de postura submetidas à diferentes níveis de energia.

ii.) Reavaliar a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos.

4. Referências

- ALBINO, L.F.T.; BARRETO, S.L.T. **Criação de codornas para produção de carne**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2003, p.289.
- ALBINO, L.F.T.; FIALHO, F.B.; BELLAVER, C.; HARA, C., PAIVA, G.P. Estimativas das exigências de energia e proteína para frangas de postura em recria. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1625-1629, 1994.
- ALETOR, V.A.; HAMID, I.I.; NIEB, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies nutrient utilization. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.547-554, 2000.
- BARALDI-ARTONI, S.M.; NAKAGHI, S.L.; BORGES, L.L. et al. Sistema digestório das aves. In: FUNEP. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2014, p. 01-17.
- BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O., UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; ROCHA, T.C.; PEREIRA, C.G. Efeitos de níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e a qualidade de ovos de codornas européias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.86-93, 2007.

- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. p. 301.
- BUTLEER, E.J. Fatty liver diseases in the domestic fowl – A review. **Avian Pathology**. v.15, p.1–14, 1976.
- CALVALCANTE, L.E.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.C.; DANTAS, L.S.; LOBATO, G.B.V.; RODRIGUES, V.P.; SANTOS, C.S.; JÚNIOR, J.G.V. Determinação da relação energia metabolizável e proteína bruta sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de produção, **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.2, p.166-168, 2010.
- CHWALIBOG, A. Factorial estimation of energy requirement for egg production. **Poultry Science**, v.71, p.509-515, 1992.
- FILHO, J.J. **Estimativas das exigências de proteína e de energia para manutenção, ganho e produção de ovos em codornas**. 2008. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Paraíba. Areia PB, 2008.
- FILHO, J.J.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; SAKOMURA, N.K.; SILVA, C.T.; CHAGAS, N.A. Prediction equations to estimate the demand of energy and crude protein for maintenance, gain and egg production for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.2423-2430, 2011.
- GANDHI, C.H. Kupffer cells. **Molecular pathology library series**. Chapter 6. Springer, 2011.
- GOUS, R.M.; GRIESSEL, M.; MORRIS, T.R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids. **British Poultry Science**, v.28, p.427-436, 1987.
- HANSEN, R.J.; WALZEM, R.L. Avian fatty liver hemorrhagic syndrome: a comparative review. **Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine**, v.37, p.451–468, 1993.
- HUSS, D.; POYNTER, G.; LANSFORD, R. Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model. **Journal Lab Animal**, v.37, p.513-519, 1998.
- IBGE BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia**

- e Estatística.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Jan 2015. 2006.
- JENSEN, L.S.; CASEY, J.M.; SAVAGE, S.I.; BRITTON, W.M. An association of hardness of water with incidence of fatty liver syndrome in laying hens. **Poultry Science**, v.55, p.719–724, 1976.
- KADAM, M.M.; MANDAL, A.B.; ELANGO VAN, A.V.; KAUR, S. Response of laying Japanese quail to dietary calcium levels at two levels of energy. **Journal of Poultry Science**, v.43, p.351-356, 2006.
- LEKSRI SOMPONG, N. Effects of Feeder Space and Feeding Programs During Rearing and Laying On Broiler Breeder **Reproductive Performance and Livability**. North Carolina State University, 2010. xviii, p.197.
- MOURA, A.M.A.; FONSECA, J.B.; TAKATA, F.N.; RABELLO, C.B.V.; LOMBARDI, C.T. Determinação da energia metabolizável de alimentos para codornas japonesas em postura. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.62 p.178-183, 2010.
- MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; HOSODA, L.R.; PENA, G.M.; ANGELINI, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1628-1633, 2008.
- NAITO, M.; HASEGAWA, G.; EBE, Y.; YAMAMOTO, T. Differentiation and function of Kupffer cells. **Medical Electron Microscopy Journal Impact & Description**, v. 37, n. 1, p. 16-28, 2004.
- NETO, G.J. Aspectos nutricionais que afetam as características específicas do ovo de incubação. In: COFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2003. p.145-164.
- OLIVEIRA, W.P.; DONZELE, R.F.M.O.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T.; ANTUNES, M.V.L.; CAMPOS, P.H.R.F.; SOUZA, M.F.; PASTORE, S.M. Digestible lysine levels obtained by two methods of formulation of diets for 22-to-42-day-old broilers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.579-589, 2014.

- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; JÚNIOR, J.G.V. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1761-1770, 2002.
- RIBEIRO, M.L.G.; SILVA, J.H.V.; DANTAS, M.O.; COSTA, F.G.P.; OLIVEIRA, S.F.; FILHO, J.J.; SILVA, E.L. Exigências nutricionais de lisina para codornas durante a fase de postura, em função do nível de proteína da ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.156-161, 2003.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.V.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4ª edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. p.186.
- ROZENBOIM, I.; MAHATO, J.; COHEN, N. A.; TIROSH, O. Low protein and high-nergy diet: a possible natural cause of fatty liver hemorrhagic syndrome in caged White Leghorn laying hens. **Journal Poultry Science**, v.95, p. 612-621, 2016.
- SAKOMURA, N.K. Exigências nutricionais das aves utilizando o modelo fatorial. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996 p.319-344.
- SAKOMURA, N.K.; BASAGLIA, R.; SÁ-FONTES, C.M.L. et al. Modelo para estimar as exigências de energia metabolizável para poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.575-583, 2005b.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. FACV/UNESP, Jaboticabal. 2007. p.283.

- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. v. 1. 163p.
- SEKI, S.; HABU, Y.; KAWAMURA, T.; TAKEDA, K.; DOBASHI, H.; OHKAWA, T.; HIRAIDE, H. The liver as a crucial organ in the first line of host defense: the roles of Kupffer cells, natural killer (NK) cells and NK1.1 Ag+ T cells in T helper 1 immune responses. **Immunological Reviews**, v. 174, p. 35-46, 2000.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.
- SILVA, J.H.V.; JORDÃO FILHO, J.; COSTA, F.G. P.; LACERDA, P.B.; VARGAS, D.G.V. Exigências nutricionais de codornas. In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, Maceió. **Anais...** Maceió, 2011. p.1-15p
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; FILHO, J.J.; SILVA, E.L.; ANDRADE, I.S.; MELO, D.A.; RIBEIRO, M.L.G.; ROCHA, M.R.F.; COSTA, F.G.P.; JÚNIOR, W.M.D. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1209-1219, 2004a.
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; FILHO, J.J.; SILVA, E.L.; ANDREA, I.S.; MELO, D.A.; RIBEIRO, M.L.G.; ROCHA, M.R.F.; COSTA, F.G.P.; JÚNIOR, M.D. Exigências de manutenção e de ganho de proteína e de energia em codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase de 1 a 12 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1209-1219, 2004.
- SILVA, J.H.V.; SILVA, M.B.; SILVA, E.L.; SILVA, E.L.; FILHO, J.J.; RIBEIRO, M.L.G.; COSTA, F.G.P.; JÚNIOR, W.M.D. Energia metabolizável de alimentos determinada com codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, supl.2, p.1912-1918, 2003.
- STRINGHINI, J.H.; MOGYCA, N.S.; CAFÉ, M.B.; MORAIS, S.R.P.; REZENDE, I.R.; MARTINS, C.L. Níveis de energia metabolizável e metionina em rações para codornas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Acta Scientiarum**, v.20, p.407-411, 1998.
- VALADARES, Fº, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil.

In.: 42^a REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA.
p.261-287., 2002. Recife. **Palestras...** Recife: UFRPE. 2002.

CAPÍTULO II – RESPOSTAS DE CODORNAS EM PRODUÇÃO SUBMETIDAS A DIFERENTES INGESTÕES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL

RESUMO – O objetivo desta pesquisa foi avaliar as repostas zootécnicas e morfométricas do fígado e oviduto de codornas de postura, submetidas a diferentes níveis de energia com base no método dose-resposta. Foram utilizadas 270 aves da linhagem Vicami® e distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso, com nove níveis de energia metabolizável (1.609; 1.740; 1.895; 2.260; 2.394; 2.643; 2.892; 3.045 e 3.058 kcal/kg), e seis repetições, sendo cada unidade experimental composta por cinco aves. Foram avaliados parâmetros de desempenho, morfométricos do fígado e do oviduto e histologia hepática. Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância e posteriormente foram submetidos à análise de regressão, utilizando o modelo *broken line* com uma e duas inclinações e como ascendência quadrática. Os dados referentes à morfometria e histologia foi, utilizado a análise de fatores. Os níveis de energia influenciaram ($P < 0,01$) todas as variáveis de desempenho. O modelo *broken line* estimou a máxima resposta para consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos, massa de ovo, conversão alimentar e variação do peso corporal de: 23,4 (g); 74(%); 10,4 (g); 8,4 (g/ave/dia); 3,1 (g/g) e 0,007 (g/ave/dia) que corresponderam aos níveis de energia 3.040; 2.820; 1.802; 2.960; 2.610 e 2.892 kcal/kg, respectivamente. Os níveis avaliados de energia não afetaram os parâmetros ($P > 0,01$) histológicos do fígado e do oviduto. Conclui-se que o nível 2.960 kcal/kg de energia metabolizável melhorou as repostas de desempenho, sendo este nível estimado para massa de ovo, que está relacionada com a produção e peso dos ovos, duas variáveis que definem o desempenho das aves de postura.

Palavras chave: *Coturnix coturnix japonica*, dose-resposta, massa de ovo, postura

CHAPTER II - RESPONSES OF QUAILS IN PRODUCTION SUBMITTED TO DIFFERENT INTAKES OF METABOLIZABLE ENERGY

ABSTRACT - The objective of this research was to evaluate the zootechnical and morphometric responses of liver and oviduct from Japanese quails, submitted to different levels of metabolizable energy based on the dose-response method. A total of 270 birds of the Vicami® lineage were used in a completely randomized design, with nine levels of metabolizable energy (1.609, 1.740, 1.895, 2.260, 2.394, 2.643, 2.892, 3.045 and 3.058 kcal / kg), and six replicates, each experimental unit composed of five birds. Were evaluated parameters of performance, morphometric liver and oviduct and liver histology.

The performance data were submitted to analysis of variance and later submitted to regression analysis, using the *broken line* model with one and two slopes and as quadratic ancestry. The data of morphometry and histology were used to analyze factors. Energy levels influenced ($P < 0.01$) all performance variables. The *broken line* model estimated the maximum response for feed intake, egg production, egg weight, egg mass, feed conversion and body weight variation of: 23.4 (g); 74(%); 10.4 (g); 8.4 (g/ave/dia); 3.1 (g/g) and 0.007 (g/bird/day) which corresponded to energy levels 3.040; 2.820; 1.802; 2.960; 2.610 and 2.892 kcal/kg, respectively. The energy levels evaluated did not affect the histological parameters ($P > 0.01$) of the liver and oviduct. It was concluded that the level 2.960 kcal/kg of metabolizable energy improved the performance responses, being this level estimated for egg mass, which is related to egg production and weight, two variables that define the performance of laying birds

Keywords: *coturnix coturnix japonica*, dose response, egg mass, posture

INTRODUÇÃO

A coturnicultura atual se configura como uma atividade econômica de produção em escala, os avanços na pesquisa, nas áreas de genética, sanidade, manejo, incubação e nutrição tem virtude desse crescimento (ROSTAGNO et al., 2017).

O nível energético constitui um dos componentes nutricionais mais importantes nas formulações de rações, frequentemente, é utilizado como referência para expressar exigências de outros nutrientes, por meio da relação nutriente:caloria, prática comum para proteína e os principais aminoácidos limitantes. Por esse, motivo a concentração de energia na dieta deve ser estabelecida com critério.

Vários autores têm estudado a concentração de energia para codornas (BELO et al. 2000; PINTO et al. 2002; FREITAS et al. 2005; LOPES et al. 2006; BARRETO et al. 2007a; BARRETO et al. 2007b; MOURA et al. 2008; CAVALCANTE et al. 2010; HURTADO-NERY et al. 2014; HURTADO-NERY et al. 2015; AGBOOLA et al. 2016), porém existe uma variação de ± 450 kcal/kg, sobre a recomendação do nível de energia metabolizável da dieta, que varia de 2.600 a 3.100 kcal/kg. A divergência dessas recomendações a elaboração de dietas para máxima lucratividade e desempenho na coturnicultura.

Analizando essas publicações, em comum, o nível médio avaliado foi de 2.876 kcal/kg, com amplitude de 87% a 110%. O menor nível pesquisado foi 2.500 kcal/kg, por Cavalcante et al. (2010). A associação da estreita amplitude com a opção do consumo *ad libitum* pode ter sido um atenuante na deficiência imposta e ter contribuído para similaridade nos níveis testados, justificando a ausência de significância na maior parte desses estudos.

Um ponto importante, a ser considerado é a teoria da regulação do consumo pelo nutriente limitante Emmans (1981). Respostas similares para consumo de ração em dietas com concentrações de energia distintas, contrapõem a teoria do nutriente limitante (LOPES et al., 2006; HURTADO-NERY et al., 2014; BARRETO et al., 2007a; BARRETO et al., 2007b), e obriga necessariamente, a repensar o conteúdo de energia metabolizável da dieta, mas a informação do valor determinado da energia metabolizável dos tratamentos não é apresentada.

Além dos aspectos metodológicos, existem vários fatores que podem alterar as exigências nutricionais das aves, linhagem, consumo de ração, temperatura ambiente, umidade do ar e estado sanitário, além de outros Rostagno et al., (2017).

Na sua grande maioria, as exigências de energia para codornas são definidas por ensaios utilizando o método dose-resposta. O nível de energia teste nas dietas experimentais em ensaio dose-resposta, pode ser formulado pela técnica da suplementação gradativa (D'MELLO, 1982) ou existe uma outra técnica da diluição, muito embora, seja prática comum em estudos com aminoácidos, (FISHER e MORRIS, 1970). Apenas uma pesquisa aplicou a diluição para obter níveis de energia com postura comercial Gous et al. (1987), e com codornas o uso dessa técnica é inexistente. Considerando, as variáveis morfométricas, existe pouca informação da relação de níveis altos de energia com o fígado e o oviduto de codornas de linhagem moderna. Considerando o exposto, esta pesquisa foi realizada para avaliar as repostas zootécnicas e morfométricas do fígado e oviduto de codornas japonesas em produção, submetidas a diferentes níveis de energia metabolizável utilizando como base a técnica da diluição.

Material e Métodos

O protocolo experimental do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA (Protocolo nº 006725/15), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal.

Aves, instalação e delineamento experimental

Duzentas e setenta codornas japonesas da linhagem VICAMI®, com 16 semanas de idade foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado com medidas 1,00m x 0,50m x 0,15m, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*, em câmara climática com controle de temperatura ambiente e umidade relativa do ar. As aves foram selecionadas e distribuídas uniformemente nas unidades experimentais com base no peso (185 ± 7 g) e produção de ovos ($77,86 \pm 6,5\%$).

Tabela 2. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Alta energia	Baixa energia
Milho	55,59	16,16
Farelo de Soja 45%	24,55	32,91
Casca de arroz	-	23,11
Óleo de soja	7,36	0,70
Lignocelulose 65%	-	15,00
Calcário calcítico	6,74	6,72
Fosfato Bicálcico	1,16	1,16
Sal	0,34	0,28
DL-Metionina, 99%	0,81	0,86
L-Lisina HCl, 78%	0,75	0,60
L- Arginina	0,83	0,72
L-Treonina	0,41	0,39
L-Valina	0,49	0,48
L-Isoleucina	0,40	0,36
L-Triptofano	0,16	0,14
Premix vitamínico mineral*	0,40	0,40
BHT ²	0,01	0,01
Total	100,00	100,00
Composição nutricional calculada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.250	1.500
Proteína bruta (%)	19,50	19,50
Lisina digestível (%)	1,30	1,30
Metionina digestível (%)	1,02	1,04
Metionina + cistina digestível (%)	1,24	1,24
Treonina digestível (%)	0,91	0,91
Triptofano digestível (%)	0,31	0,31
Valina digestível (%)	1,13	1,13
Cálcio	2,90	2,90
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30
Sódio	0,14	0,14

* Nutrientes por quilograma de produto: Vit. A 1.750.000 U.I.; Vit. D3 500.000 U.I.; Vit. E 2.000 U.I.; Vit. K3 500 mg; Vit. B1 250 mg; Vit. B2 875 mg; Vit. B6 500 mg; Vit. B12 1.250 mcg/kg; Niacina 6.250 mg; Colina 65 g; Ácido pantotênico 2.500 mg; Cobre 2.000 mg/kg; Ferro 12,500 g; Manganês 17,500 g; Zinco 12,500 g; Iodo 300 mg; Selênio 50 mg. (2)- Butil Hidroxitolueno BHT.

Tabela 3. Composição percentual e nutricional calculada dos tratamentos .

Atendimento das exigências nutricionais por tratamento									
Nutrientes	Tratamentos								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Energia Metabolizável kcal/kg	1.500	1.890	2.060	2.230	2.400	2.730	2.960	3.070	3.250
Proteína bruta (%)	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50
Fibra bruta (%)	20,74	16,76	15,03	13,30	11,57	8,20	5,86	4,74	2,91
Ácido linoleico (%)	0,97	1,90	2,30	2,71	3,11	3,90	4,54	4,71	5,14
Amido (%)	14,26	19,61	21,94	24,28	26,61	31,13	34,29	35,80	38,26
Óleo (%)	2,06	3,81	4,58	5,35	6,11	7,60	8,64	9,14	9,95
Aminoácido Digestível (%)									
Lisina	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Metionina+cistina	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Metionina	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Treonina	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Isoleucina	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Arginina	1,76	1,75	1,75	1,15	1,75	1,75	1,76	1,76	1,75
Valina	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Histidina	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Glicina+serina	1,41	1,39	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32
Cálcio	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
Fosforo	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sódio	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Potássio	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,58	0,57	0,57	0,56

Variáveis coletadas e analisadas

Desempenho zootécnico

Uma vez por semana, as sobras de ração eram pesadas para quantificar o consumo de ração semanal. A produção de ovos (%) foi registrada diariamente e o peso dos ovos (g) foi medido em três dias consecutivos de cada semana. A massa de ovo (g/ave/dia) foi obtida pelo produto da produção de ovos (%) e peso do ovo (g). A conversão alimentar (g/g) foi calculada pela divisão do consumo de ração (g/ave/dia) pela massa de ovos (g/g). As pesagens das aves (g/ave) foram realizadas no início e final do estudo.

Após o fechamento da décima semana foram realizadas coletas de excretas para determinar a EM das rações experimentais. Foi adicionado óxido férrico em pó (1,0%) como marcador no início e no final da coleta de excretas.

As excretas foram coletadas em bandejas adaptadas sob as gaiolas, duas vezes ao dia, durante três dias, acondicionadas em sacos plásticos diariamente e armazenadas em *freezer* (-20 °C) até o final do período de coleta, quando, as amostras foram homogeneizadas por unidade experimental pré-secas e moídas em moinho tipo bola. As amostras de rações e excretas foram enviadas para o Laboratório de Ciências Avícolas para realização das análises de matéria seca, proteína bruta e energia bruta, para posteriormente ser realizado os cálculos de EM.

Foram coletadas variáveis de desempenho: consumo de ração (g/ave/dia), ingestão de EM (kcal/ave/dia), peso corporal (g/ave), produção de ovos (%), peso do ovo (g), massa de ovo (g/ave/dia) e conversão alimentar por massa de ovos (g/g) corrigida para mortalidade, conforme Sakomura e Rostagno (2007).

Morfometria hepática e do sistema reprodutor

Ao final do experimento, seis aves por tratamento (uma ave por repetição) foram retiradas, totalizando 60 aves. Elas foram identificadas individualmente com fita e após um período de oito horas de jejum, foram sacrificadas por eletronarcose, seguido de sangria da jugular. Depois foi realizado a coleta do fígado e do oviduto. Em seguida foram pesados em balança digital (precisão 0,001) o lobo direito e esquerdo do fígado foram pesados separadamente. O comprimento do fígado e do oviduto foram avaliados com o auxílio de um

paquímetro digital e foram quantificados o número de pregas do magno e do istmo.

Para análise dos parâmetros histológicos do fígado, foram coletadas amostras da região mediana do lobo esquerdo de aproximadamente 1 cm², as quais foram fixadas imediatamente em solução de Bouin, por 24 horas. Posteriormente foram lavadas em álcool 70% para retirada do fixador e desidratadas em série crescente de álcoois, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina. Quatro cortes histológicos semiseriados, de sete µm de espessura, de cada ave e colocados nas lâminas histológicas, posteriormente corados segundo a técnica de Hematoxilina e Eosina (HE) de Behmer et al. (1976). Cinco campos foram fotografados, aleatoriamente de cada corte, com o auxílio de câmera fotográfica digital (Leica DFC 295), acoplada a microscópio (Leica-DM 2500) e as imagens foram analisadas pelo programa de captura e análise de imagens LAS V.3.8 (Leica, Germany).

Para a determinação das variáveis foram escolhidas aleatoriamente três fotomicrografias por lâmina com uma tabela de randomização. Foi medida a área das células de Kupffer e da esteatose (MELLO et al., 2013). Para a contagem das células de Kupffer e de esteatose, uma grade com cinco quadros (50 x 50 µm cada) compostos por linhas pontilhadas e contínuas foi sobreposta a cada uma das fotos para aleatorizar a área de contagem. A contagem das células foi realizada em todos os quadros, incluindo as células sobre as linhas pontilhadas e descartando as que se encontraram sobre as linhas contínuas (GUNDERSEN et al., 1977).

Respostas das aves a diferentes ingestões de energia metabolizável

Análise univariada: Regressão *broken-line*

As respostas (Y) de consumo de ração, produção de ovos e massa de ovos regrediram em função dos níveis de EM (X), utilizando o modelo *broken line* com uma inclinação ($Y=L+U \times (R-X)$), para a variável peso dos ovos foi utilizado o modelo *broken line* com duas inclinações ($Y=L+U \times (R-X) \times V + (X-R)$), e para a variável conversão alimentar foi utilizado o modelo *broken line* com ascendência quadrática ($Y=L+U \times (R-X)^2$). Onde X são os níveis de EM, Y é a variável resposta, L é a resposta máxima, R representa o nível de EM para obter a máxima

resposta, U e V representam as inclinações ou a taxa de crescimento até o ponto de quebra.

Os parâmetros do modelo *broken line* com uma inclinação, com duas inclinações e com ascendência quadrática utilizados para consumo de ração, produção de ovos, peso de ovos, massa de ovos, conversão alimentar, peso corporal e variação do peso corporal foram estimados utilizando o procedimento PROC NLIN. Os modelos foram ajustados de acordo com os procedimentos descritos por Robbins et al. (2006). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS (Statistical Analysis System 2010, versão 9.2).

Análise multivariada: Fatorial

Para esta análise foram utilizadas 13 variáveis: peso da ave, peso do fígado, comprimento do fígado, peso do lobo direito do fígado, peso do lobo esquerdo do fígado, peso do oviduto, comprimento do oviduto, número de pregas do ístmo, número de pregas do magno, número de células de Kupffer, número de esteatose, área das células de Kupffer, área da esteatose.

Primeiramente, analisou-se a adequação amostral de cada variável através das seguintes análises: matriz de correlações, teste KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), teste de esfericidade de Bartlett, matriz anti-imagem e comunalidades. Os resultados levaram a excluir as variáveis peso da ave, número de pregas do ístmo e número de células de Kupffer da análise fatorial.

Para análise de fatores, o método de extração de fatores utilizado foi componentes principais, com valor mínimo para um autovalor ser significativo 1,00, valor mínimo de carga para uma variável ser considerada significativo 0,70 dentro de um fator e o método de rotação dos fatores foi o varimax raw (Kaiser, 1958). A partir do resultado foram extraídos quatro fatores, o primeiro fator consiste na combinação linear das variáveis originais explicando o máximo da variação contida nas variáveis estudadas. O segundo fator é a segunda função linear das variáveis originais, que representa a maior parte da variabilidade restante, e assim por diante. Os fatores são independentes uns dos outros.

Após a análise de fatores foram utilizadas as mesmas variáveis para análise de variância, de forma a verificar a significância estatística da relação entre as variáveis classificadas dentro de cada fator. Os dados das variáveis

utilizadas foram submetidos à análise de fatores e análise de variância no software STATISTICA, versão 7.0 (Stat Soft, 2004).

Resultados

As respostas das aves foram estudadas a partir dos níveis analisados de EM obtidas após as análises laboratoriais, conforme descrito na Tabela 4.

As respostas de ingestão de EM (IEM), consumo de ração (CR), produção de ovos (PR), peso dos ovos (PO), massa de ovo (MO), conversão alimentar (CA), peso corporal (PC) e ganho de peso ou variação do peso corporal (ΔPC) de codornas alimentadas com diferentes níveis de energia encontram-se na Tabela 4. Observou-se que os níveis de EM influenciaram ($P < 0,01$) todas as variáveis.

Considerando o consumo de ração, nenhum dos níveis avaliados as aves consumiram as 27 g de ração oferecida, o nível 1.609 kcal/kg apresentou o maior consumo de ração de 25,7 g em comparação com o nível 3.250 kcal/kg de 23,3g uma diferença de 2,4 g. Comparando os dados do consumo de ração e a IEM observa-se que para os níveis 1.609, 1.740 e 1.895 kcal/ave/dia as aves consumiram mais ração e ingeriram menos energia, sendo estas dietas com mais fibra. A medida que foi aumentando o nível de energia foi diminuindo o consumo de ração e aumentando a IEM. (Tabela 4).

O modelo ajustado para o consumo de ração foi:

$CR = 23,4 (\pm 0,43) - 0,9 (\pm 0,53) \times [X - 3,040 (\pm 0,72)]$, para $X < R$, quando $X > R$, $[X - R] = 0$, a estabilização no CR ocorreu a partir do nível de 3.040 kcal/kg (Figura 1). De acordo com o modelo, para cada 100 kcal a menos na ração, espera-se que CR aumente 0,38%.

A menor PR foi de 2,3% para o nível de 1,609 kcal/kg e a maior PR, 77,8% para o nível 3.058 kcal/kg. O platô para PR foi de 74%, que ocorreu a partir de 2.829 kcal/kg (Figura 2), conforme o modelo:

$PR = 74 (\pm 2,09) + 58,2 (\pm 4,40) \times [2,829 (\pm 0,07) - X]$, para $X < R$, quando $X > R$, $[R - X] = 0$. De acordo com o modelo, para cada 100 kcal/kg a menos na ração houve redução de 7,9% na PR.

Houve diferença significativa para a variável PO (Tabela 4), o menor peso foi de 10,2 gramas (2.260 kcal/kg) e o maior peso do ovo foi 11,7 g (3.058 kcal/kg). O modelo com duas inclinações ajustado para esta variável:

$PO = 10,4 + 1,9 \times [1,802 - X] + 0,78 \times [X - 1,802]$, por definição $[1,802 - X] = 0$ quando $X > R$, e $[X - 1,802] = 0$ quando $X \leq R$. Os erros associados ao L, U, R e V foram $\pm 0,14$; $\pm 2,1$; $\pm 0,180$ e $\pm 0,12$, respectivamente. A partir de 1.802 kcal/kg houve um aumento no peso dos ovos de forma linear (Figura 3).

A medida em que as aves aumentaram o IEM, também houve aumento da MO. A menor MO foi de 0,2 gramas (1.609 kcal/kg) e a maior de 9,1 g (3.058 kcal/kg). O modelo ajustado para MO foi:

$MO = 8,44 (\pm 0,34) - 5,89 (\pm 0,41) \times [2,965 (\pm 0,08) - X]$, conforme o modelo, sua utilização é válida para $X < R$ e quando $X > R$, considera-se $[R - X] = 0$, para ter a formação do platô de resposta. A resposta para MO estabilizou em 8,44 g, correspondente ao nível de 2.965 kcal/kg (Figura 4). De acordo com o modelo, uma redução de 100 kcal/kg na ração, espera-se a MO reduza em 7,0%.

No geral, houve melhora na conversão alimentar à medida em que os níveis de energia na dieta aumentaram (Tabela 4). A pior conversão (98,1 $\pm$ 38,6) foi observada para o primeiro nível de energia e a melhor conversão para o maior nível de energia estudado (3.058 kcal/kg). O modelo com ascendência quadrática ajustado para a variável conversão alimentar foi:

$CA = 3,12 (\pm 0,49) - 25,21 (\pm 5,23) \times [2,611 (\pm 0,87) - X]^2$. Conforme o modelo, a estabilização da resposta em 3,12 g/g ocorreu a partir da concentração de 2.611 kcal/kg na dieta (Figura 5).

O peso corporal das aves no início do ensaio variou de 184,33 a 187,57g (diferença de 3,24 gramas) dados não mostrados em tabelas. No final do ensaio o peso das aves variou de 0,153 a 0,194 (diferença de 41g) conforme na Tabela 4. Os quatro primeiros níveis de energia proporcionaram perda de peso das aves, sendo as maiores perdas observadas para os dois primeiros níveis de energia (média de 31,76). A perda de peso foi diminuída à medida em que houve maior IEM. Tabela 3 mostra aumento linear da ΔPC das aves com acréscimo do nível de energia na ração até atingir o ponto onde não há mais resposta, ou seja, atinge o platô resposta. O modelo ajustado para o ΔPC foi:

$\Delta PC = 0,007 (\pm 0,0007) - 0,317 (\pm 0,075) \times [2,892 (\pm 0,282) - X]$. De acordo com o modelo o ponto onde ocorreu a quebra foi 2.892 kcal/kg para manter a ΔPC próximo a zero, 0,007 g (Figura 6).

Tabela 4. Média ($\pm$ erro padrão) e parâmetros ajustados para consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso dos ovos (g), massa de ovos (g/dia) e conversão alimentar por massa de ovos (g/g) de codornas japonesas na fase de produção.

Níveis kcal/kg		Consumo de Ração (g/ave/dia)	Ingestão de Energia Metabolizável (kcal/ave/dia)	Produção de Ovos (%/ave/dia)	Peso do Ovo (g)	Massa de Ovo (g/ave/dia)	Conversão Alimentar (g/g)	Peso Corporal (g/ave)	Variação de Peso Corporal (g/ave/dia)
Calculado	Analísado								
1500	1609	25,7 $\pm$ 2,2	40,4 $\pm$ 3,5	2,3 $\pm$ 1,3	10,8 $\pm$ 0,8	0,2 $\pm$ 0,1	98,1 $\pm$ 38,6	53 $\pm$ 5,8	-0,57 $\pm$ 0,15
1890	1740	23,9 $\pm$ 1,4	41,6 $\pm$ 2,5	10,1 $\pm$ 1,4	10,3 $\pm$ 0,6	1,0 $\pm$ 0,2	23,2 $\pm$ 3,5	155 $\pm$ 8,1	-0,35 $\pm$ 0,08
2060	1895	23,5 $\pm$ 1,3	44,6 $\pm$ 5,8	19,1 $\pm$ 3,9	10,8 $\pm$ 0,4	2,1 $\pm$ 0,4	12,0 $\pm$ 2,8	166 $\pm$ 4,6	-0,25 $\pm$ 0,04
2230	2260	24,4 $\pm$ 0,7	55,1 $\pm$ 2,6	29,4 $\pm$ 12,6	10,2 $\pm$ 0,4	3,0 $\pm$ 1,5	8,7 $\pm$ 2,4	169 $\pm$ 6,1	-0,16 $\pm$ 0,05
2400	2394	24,2 $\pm$ 0,5	57,9 $\pm$ 3,5	50,0 $\pm$ 16,2	10,8 $\pm$ 0,4	5,4 $\pm$ 1,6	4,5 $\pm$ 1,0	175 $\pm$ 13,0	-0,15 $\pm$ 0,07
2730	2643	23,8 $\pm$ 1,9	64,9 $\pm$ 4,8	69,4 $\pm$ 6,3	11,2 $\pm$ 0,2	7,8 $\pm$ 0,8	3,2 $\pm$ 0,2	180 $\pm$ 14,1	-0,04 $\pm$ 0,06
2960	2892	23,5 $\pm$ 0,7	68,0 $\pm$ 3,1	73,9 $\pm$ 2,2	11,2 $\pm$ 0,3	8,2 $\pm$ 0,4	2,9 $\pm$ 0,1	181 $\pm$ 8,6	0,01 $\pm$ 0,07
3070	3045	23,4 $\pm$ 0,7	71,3 $\pm$ 2,1	75,1 $\pm$ 6,2	11,3 $\pm$ 0,3	8,5 $\pm$ 0,8	2,8 $\pm$ 0,2	190 $\pm$ 8,1	0,08 $\pm$ 0,02
3250	3058	23,3 $\pm$ 0,6	71,2 $\pm$ 1,8	77,8 $\pm$ 3,3	11,7 $\pm$ 0,6	9,1 $\pm$ 0,3	2,6 $\pm$ 0,1	194 $\pm$ 12,2	0,17 $\pm$ 0,02
<i>Broken line</i>									
L (Platô, eixo Y)		23,4		74,0	10,4	8,4	3,1		0,007
U (Inclinação)		-0,9		58,2	1,9	5,9	-25,2		-0,317
R (Ponto de quebra, eixo X)		3,040		2,820	1,802	2,960	2,610		2,892
V (Inclinação)					0,78				
Probabilidade F ANOVA		0,026		0,001	0,001	0,001	0,001		0,001
R ²		51,85		90,59	30,21	86,49	89,86		25,32

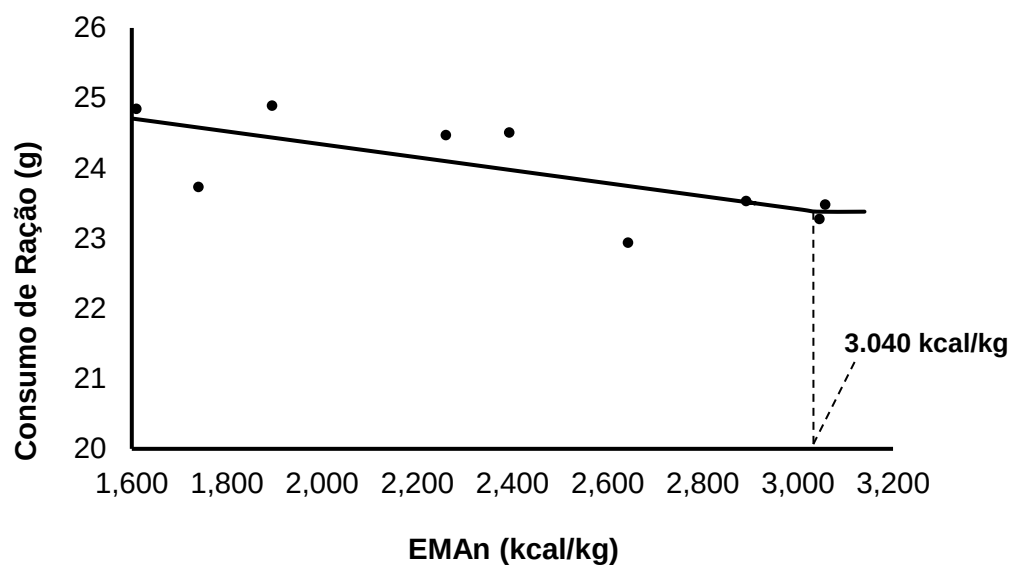


Figura 1. Relação entre os níveis de energia metabolizável e o consumo de ração (g/ave/dia) de codornas japonesas na fase de postura.

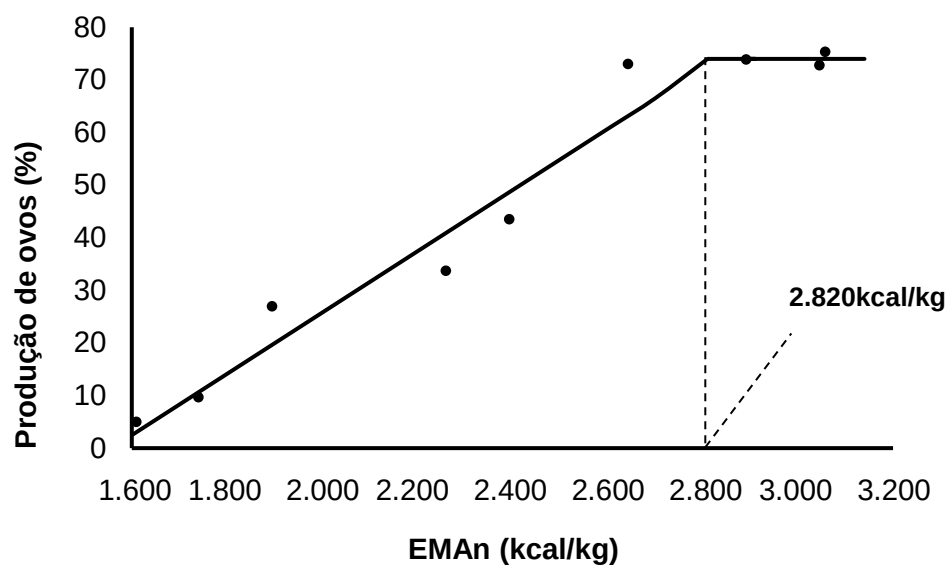


Figura 2. Relação entre os níveis de energia metabolizável e a produção de ovos (%/ave/dia) de codornas japonesas.

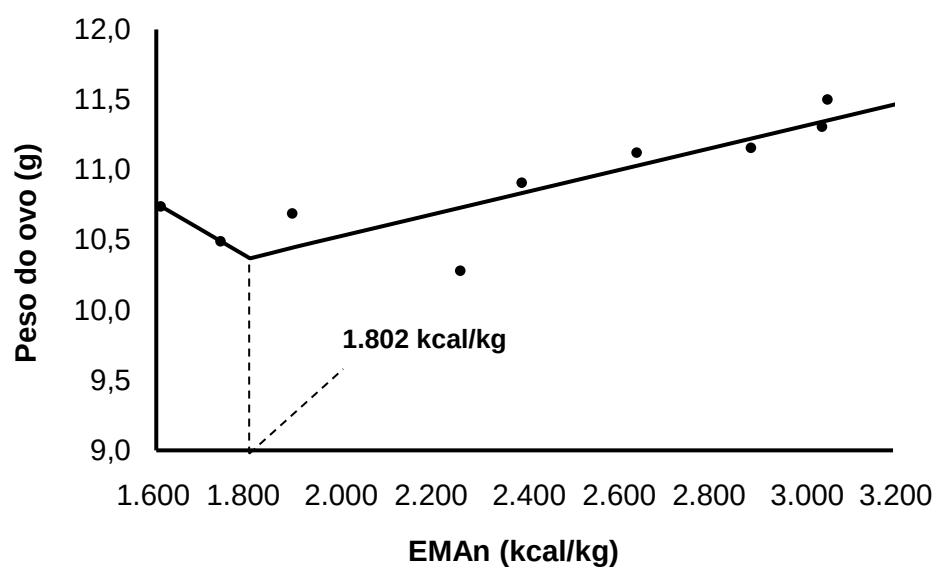


Figura 3. Relação entre os níveis de energia metabolizável e o peso do ovo (g) de codornas japonesas.

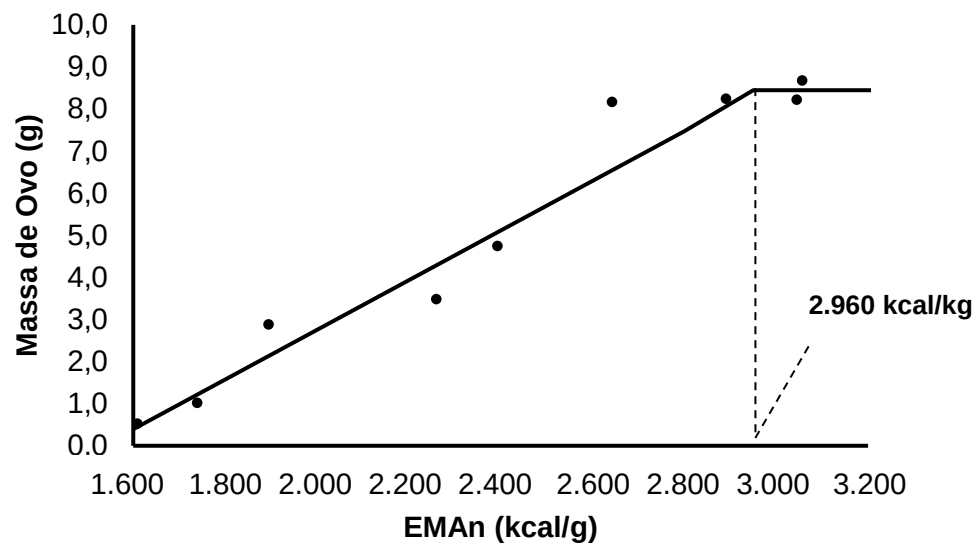


Figura 4. Relação entre os níveis de energia metabolizável e a massa de ovos (g/ave/dia) de codornas japonesas.

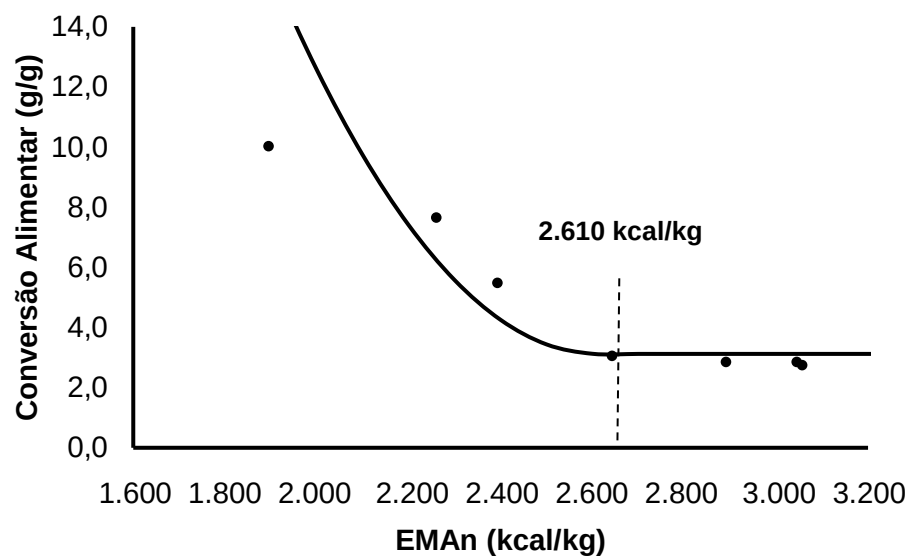


Figura 5. Relação entre os níveis de energia metabolizável e a conversão alimentar (g/g) de codornas japonesas na fase de postura.

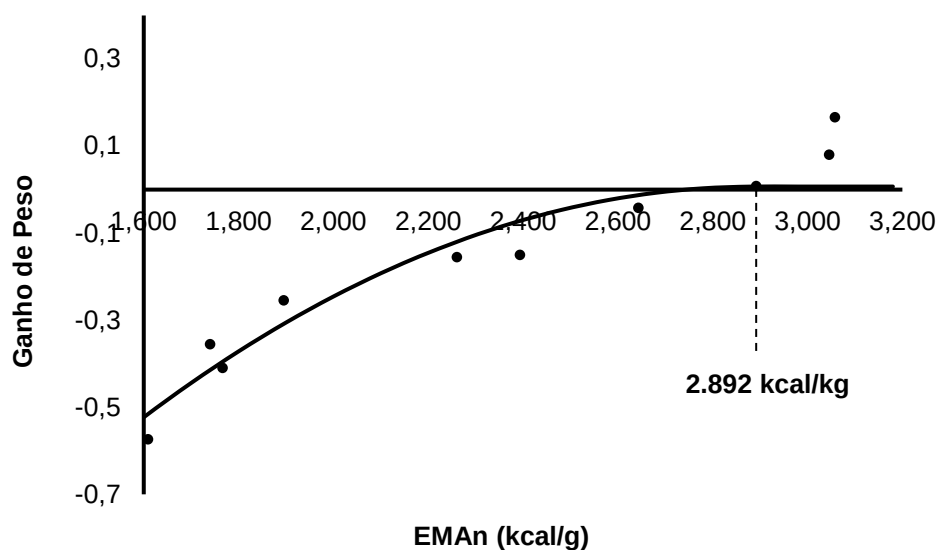


Figura 6. Relação entre os níveis de energia metabolizável e ganho de peso ou variação do peso corporal (g/dia) de codornas japonesas na fase de postura.

Morfometria hepática e do oviduto e histologia hepática de codornas submetidas a diferentes níveis de energia

Os níveis de energia não afetaram significativamente as variáveis morfométricas do fígado e do oviduto (Tabela 5) nem as variáveis morfológicas do fígado (Tabela 6). De forma geral observou-se diferença numérica entre o nível 1.609 kcal/kg apresentando valores médios baixos comparados com o nível 3.059 kcal/kg. O conjunto de dados da Tabela 5 e 6 foram submetidos a análise de fatores para avaliar as interações entre as variáveis.

A Tabela 7 apresenta os quatro fatores obtidos na análise fatorial realizada para os parâmetros extraídos e as variáveis que compõem cada fator. Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) dos níveis de energia sobre os parâmetros avaliados pela análise de variância (Tabela 5).

Tabela 5. Médias observadas $\pm$ erros padrão para peso da ave (PA, g), peso do fígado (PF, g), comprimento do fígado (CF, cm), peso do lobo direito (PLD, g), peso do lobo esquerdo (PLE, g), peso do oviduto (POV, g), comprimento do oviduto (CO, cm), número de pregas do magno (NPM), número de pregas do itsmo (NPI)

Nível	PA	PF	CF	PLD	PLE	POV	CO	NPM	NPI
1.609	145 $\pm$ 19,55	2,425 $\pm$ 0,10	3,75 $\pm$ 0,15	1,25 $\pm$ 0,19	0,73 $\pm$ 0,14	0,52 $\pm$ 0,17	6,4 $\pm$ 4,40	11,00 $\pm$ 0,01	18,00 $\pm$ 0,01
1.740	161 $\pm$ 7,86	4,98 $\pm$ 0,94	4,86 $\pm$ 0,70	2,98 $\pm$ 0,52	1,94 $\pm$ 0,53	5,49 $\pm$ 1,35	24,64 $\pm$ 7,68	14,2 $\pm$ 1,17	13,60 $\pm$ 1,85
1.895	164 $\pm$ 14,97	4,728 $\pm$ 1,24	4,12 $\pm$ 0,44	2,83 $\pm$ 0,52	1,78 $\pm$ 0,46	5,31 $\pm$ 0,80	29,52 $\pm$ 2,61	14,80 $\pm$ 2,23	15,60 $\pm$ 0,80
2.260	169 $\pm$ 16,62	5,198 $\pm$ 1,32	4,08 $\pm$ 0,26	3,03 $\pm$ 0,81	1,89 $\pm$ 0,29	5,65 $\pm$ 1,14	28,68 $\pm$ 2,37	13,00 $\pm$ 1,10	13,80 $\pm$ 1,17
2.394	170 $\pm$ 15,83	5,314 $\pm$ 1,05	4,58 $\pm$ 0,41	2,81 $\pm$ 1,05	2,38 $\pm$ 0,37	6,36 $\pm$ 0,69	33 $\pm$ 2,67	14,25 $\pm$ 1,48	14,75 $\pm$ 1,48
2.643	174 $\pm$ 10,24	4,158 $\pm$ 1,37	3,48 $\pm$ 0,72	2,47 $\pm$ 0,89	1,79 $\pm$ 0,76	5,23 $\pm$ 1,65	28,9 $\pm$ 3,30	13,25 $\pm$ 1,09	14,00 $\pm$ 1,41
2.892	178 $\pm$ 8,45	4,844 $\pm$ 0,74	4,26 $\pm$ 0,22	2,82 $\pm$ 0,37	1,91 $\pm$ 0,33	6,34 $\pm$ 0,89	34,00 $\pm$ 2,83	14,80 $\pm$ 0,75	13,40 $\pm$ 1,50
3.045	180 $\pm$ 21,17	5,558 $\pm$ 0,55	4,1 $\pm$ 0,19	3,38 $\pm$ 0,44	2,17 $\pm$ 0,36	7,14 $\pm$ 1,16	29,20 $\pm$ 5,63	12,80 $\pm$ 2,71	12,60 $\pm$ 1,85
3.058	182 $\pm$ 13,00	6,558 $\pm$ 0,41	4,28 $\pm$ 0,26	3,78 $\pm$ 0,30	2,6 $\pm$ 0,42	7,5 $\pm$ 1,26	31,5 $\pm$ 4,01	15,00 $\pm$ 0,63	14,40 $\pm$ 1,85

Tabela 6. Médias observadas $\pm$ erros padrão para esteatose, número de células de Kupffer, área de esteatose e área das células de Kupffer.

Nível	Nº Esteatose	Nº Células de Kupffer	Área de esteatose (μm^2)	Área de Kupffer (μm^2)
1.609	36,16 $\pm$ 30,67	4,83 $\pm$ 1,00	4,54 $\pm$ 1,36	6,15 $\pm$ 0,11
1.740	31,86 $\pm$ 29,26	6,94 $\pm$ 1,79	5,70 $\pm$ 1,38	6,81 $\pm$ 0,20
1.895	22,63 $\pm$ 15,90	5,80 $\pm$ 2,19	5,06 $\pm$ 1,37	6,83 $\pm$ 0,25
2.260	41,33 $\pm$ 31,50	5,40 $\pm$ 3,19	4,74 $\pm$ 1,01	6,43 $\pm$ 0,24
2.394	35,79 $\pm$ 28,70	6,93 $\pm$ 2,71	5,48 $\pm$ 1,31	6,57 $\pm$ 0,25
2.643	19,83 $\pm$ 12,67	6,63 $\pm$ 3,59	5,27 $\pm$ 1,94	6,46 $\pm$ 0,32
2.892	15,12 $\pm$ 17,23	6,60 $\pm$ 0,79	4,79 $\pm$ 0,88	6,59 $\pm$ 0,25
3.045	16,87 $\pm$ 7,88	6,03 $\pm$ 1,02	4,80 $\pm$ 0,54	6,49 $\pm$ 0,20
3.058	77,80 $\pm$ 4,82	6,80 $\pm$ 3,01	6,95 $\pm$ 2,15	6,68 $\pm$ 0,65

A análise das variáveis que se correlacionam com cada um dos fatores mostra que o Fator 1, Fator 2 e Fator 3 mostraram correlação positiva entre um grupo de variáveis, o fator um, mostra que, quando aumenta o peso do fígado aumenta o peso do lobo direito e esquerdo e o número de esteatose; o fator dois mostra que quando aumenta o peso do oviduto aumenta o seu comprimento; o fator três indica quando aumenta o número de pregas no magno o comprimento do fígado aumenta também e para o fator quatro mostrou uma correlação negativa entre células de Kupffer e células esteatose indicando quando a área das células de Kupffer aumenta a área das células de esteatose diminui.

Tabela 7. Resultados da análise de fatores de parâmetros morfológicos e histológicos do fígado e oviduto de codornas de postura submetidas a diferentes níveis de energia.

Variáveis	F1	F2	F3	F4
Peso fígado	0,961*	0,089	0,050	0,013
Comprimento do fígado	0,062	-0,118	0,732*	-0,135
Peso do lobo direito	0,765*	-0,137	0,006	-0,002
Peso do lobo esquerdo	0,754*	0,286	0,009	0,046
Peso do oviduto	0,130	0,756*	0,320	0,002
Comprimento do oviduto	-0,006	0,830*	-0,163	-0,017
Nº pregas do magno	0,049	0,143	0,795*	0,163
Nº Esteatose	0,697*	-0,237	0,189	-0,280
Área esteatose	0,344	-0,269	0,274	-0,761*
Área das células de Kupffer	0,206	-0,234	0,281	0,816*
Variância explicada	2,751	1,589	1,492	1,372
Probabilidade para nível de energia	0,148	0,500	0,148	0,937

F1: Fator 1; F2: Fator 2; F3: Fator 3; F4: Fator 4. * Variáveis significativas dentro de cada fator. Os coeficientes de fator em negrito foram utilizados para interpretação.

Discussão

Para obter amplitude das respostas pelo método dose-resposta o nutriente avaliado deve estar limitado, para isto foi aplicado o conceito da técnica de diluição (FISHER e MORRIS, 1970). De acordo com os resultados obtidos para produção e massa de ovo, a energia foi o recurso nutricional mais limitante, item para validação do estudo.

Neste estudo foram avaliados nove níveis crescentes de energia, mantendo a mesma percentagem de proteína na dieta (20%). Houve redução no consumo de ração e aumento na IEM a medida em que aumentaram os níveis de energia na dieta. Isto pode ser verificado pela teoria da regulação do consumo proposta por Emmans (1981), que se a ração não estiver corretamente balanceada a ave aumentará o seu consumo de ração em busca de compensar o recurso nutricional mais limitante, isto foi constatado nesta pesquisa, descrita pela relação 0,38% para cada 100 kcal a menos na ração. Esperávamos que a taxa de aumento no consumo de ração, fosse maior. Muito embora não tenha sido medido, acredita-se que as características físico-química dos ingredientes utilizados na dieta diluída possam ter sido um atenuante sobre o aumento do consumo de ração, por proporcionar maior preenchimento do inglúvio. Segundo Kung e Grueling (2000), a fibra tende a limitar a quantidade de alimento ingerido e a retenção de energia disponível. Os efeitos da fibra sobre a utilização de energia metabolizável devido ao consumo de dietas com alta fibra incluem maior perda de calor durante a ingestão, e um provável aumento no custo da manutenção devido ao aumento na proporção corporal do trato digestório (Warpechowski, 2005).

. Existe uma relação positiva para produção de ovos e massa de ovos, quando aumentou o nível de energia na dieta promoveu melhor produção de ovos de 2,3% para 77,8% e de 0,2 para 9,1 (g/ave/dia) de massa de ovos. Este resultado demonstra a importância do conhecimento do requerimento nutricional de energia para alcançar o máximo potencial de desempenho destas aves. O nível de 1.609 kcal/kg apresentou a produção de ovos 2,3% mais baixa dos tratamentos, evidenciando que, as aves encontravam-se próximo ao estado fisiológico de manutenção, além disso foi registrado 0,57 g de tecido por dia mobilizado de reserva corporal para essa finalidade.

No que se refere ao peso dos ovos, os níveis crescentes de EM levaram ao aumento do peso (1,5 g), possivelmente deveu-se ao aumento de EM diária ingerida ser suficiente para suprir as exigências de produção e obter ovos mais pesados. Segundo Etches (1996), o principal fator que afeta o peso dos ovos é o peso corporal, isto foi observado neste estudo pois, as aves com os pesos de ovos mais leves tiveram perda do peso corporal de 41 g (no período) comparando o nível 1.609 e 3.050 kcal/kg.

As aves que receberam as dietas menos de 2.394 kcal/kg de energia apresentaram pior conversão alimentar devido à percentagem de fibra das rações e baixa produção nesses níveis. As rações experimentais com os menores níveis apresentavam maior percentagem de fibra. Segundo Warpechowski (1996), as fibras apresentam propriedades físico-químicas e exercem diferentes efeitos sobre a passagem da digesta alterando o valor nutricional dos ingredientes das dietas. Murakami et al. (1993) e Pinto et al. (2002) verificaram melhoria na conversão alimentar com o aumento da energia metabolizável. Embora na maioria das pesquisas avaliando níveis de EM para codornas de postura não encontraram efeitos significativos para conversão alimentar, um fator que provavelmente possa explicar a ausência de efeitos são os níveis avaliados, pois o nível mais baixo deste estudo foi 1.609 kcal/kg e nos trabalhos publicados encontramos que o nível mais baixo foi de 2.500 kcal/kg, por Cavalcante et al. (2010).

O aumento linear do peso corporal das aves pode ser atribuído ao aumento na ingestão de energia esta variável está correlacionada com a variação do peso corporal. Os resultados da presente pesquisa mostram a importância de conhecer a exigência de energia para codornas japonesas na fase de postura e põe-se como uma opção dada as condições de utilizar as informações apresentadas.

Morfometria e histologia do fígado

Os níveis de EM utilizados não influenciaram os parâmetros morfológicos do fígado e oviduto nem o histológico do fígado, indicando que níveis entre 1.609 a 3.050 kcal/kg não afetam a morfometria do fígado nem do oviduto. Esperava-se que as aves alimentadas com os níveis acima do recomendado por Rostagno et al. (2011) e Silva e Costa (2009) 2.800 e 2.900 kcal/kg, respectivamente, fossem induzir as aves à esteatose ou uma doença nutricional como por exemplo à síndrome do fígado gordo. Foi encontrado uma pesquisa que relatou doença nutricional em codornas japonesas, mas sem o envolvimento com níveis de EM (SPURLOCK e SAVAGE, 1993). Jaing (2013) pesquisou a possível causa do fígado gordo em galinhas poedeiras brancas alimentadas com dieta baixa de proteína e alta em energia e não encontrou efeito significativo para os níveis de

energia. O metabolismo de lipídios em codornas de postura ainda é pouco estudado.

As técnicas de análise multivariada visam explorar um conjunto de dados complexo transformando-o em um conjunto de dados menores. A análise de fatores gerou quatro fatores, que comumente, denomina-se de processos, e nesta pesquisa processo fisiológico. Ao explorar o Fator 1 ou processo fisiológico contido no fator 1, há uma indicação que o aumento do peso do fígado leva ao aumento também do peso dos lobos direito e esquerdo e área de esteatose, muito embora, não foi significativo, do ponto de vista fisiológico, espera-se que esse processo esteja associado aos níveis de energia considerando que, o fígado desempenha várias funções entre elas armazenamento de carboidratos e gorduras (BARALDI-ARTONI et al., 2014) e essa atividade pode induzir ao aumento do peso do fígado, referente a esteatose pode ser aplicado também já que a lipidose ou esteatose hepática pode ser decorrente de diversos fatores desde nutricionais até casos de intoxicações (SAVIANE et al., 2012). Uma vez que, o processo fisiológico foi detectado, o limitante nesta pesquisa encontra-se na atribuição de sua causa. Acredita-se que, um atenuante para não obter a significância tenha sido o número reduzido de aves amostradas para essa análise. Portanto, recomenda-se que pesquisas futuras utilizem amostragens maiores.

O processo fisiológico contido no Fator 2 agrupou as variáveis relacionadas com o oviduto, peso e comprimento, este fator mostrou uma relação alométrica, que quando o peso aumentou, aumentou o comprimento. Muito embora, sejam ortogonais, o Fator 3 e o Fator 4 agrupou variáveis histológicas do fígado mostrando que quando as células Kupffer aumenta a esteatose diminui isso pode ser explicado ao aumentar a energia da dieta, aumenta-se a presença de vacúolos nos hepatócitos. Esta associação revela um mecanismo natural utilizado para estocar energia. Já as células de Kupffer formam a maior parte do retículo endotelial ou sistema fagócito mononuclear (GANDHI, 2011), ou seja, o aumento excessivo de esteatose mantém um equilíbrio fisiológico de energia e assim evita doenças metabólicas.

Conclusões

Os níveis de energia metabolizável afetam as respostas de codornas japonesas na fase de produção de ovos, sendo a concentração de 2.960 kcal/kg, o nível que permitiu melhora em todas as variáveis zootécnicas e não compromete a morfometria do fígado e do oviduto das aves.

Referências

- AGBOOLA, A.F.; OMIDIWURA, B.R.O.; OLOGBOSERE, E.Y.; LYAYI, E.A. Determination of crude protein and metabolisable energy of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during laying period. **Journal of World's Poultry Research**, v.6, p.131-138, 2016.
- BARALDI-ARTONI, S.M.; NAKAGHI, S.L.; BORGES, L.L. et al. Sistema digestório das aves. Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2014, p. 01-17.
- BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O.; UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; ROCHA, T.C.; PEREIRA, C.G. Efeito dos níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e qualidade de ovos de codornas européias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p. 86-93. 2007b.
- BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O.; UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; COIMBARA, J.S.R.; ROJAS, E.E.G.; FREITAS, J.F.; REIS, R.S. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.79-85, 2007a.
- BEHMER, O.A.; TOLOSA, E.M.C.; FREITAS NETO, A.G. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. São Paulo: EDART – São Paulo Livraria Editora, Editora da Universidade de São Paulo, 1976. 241p.
- BELO, M.T.S.; COTTA, J.T.B.; OLIVEIRA, A.I.G. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.782-793, 2000.
- CALVALCANTE, L.E.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.C.; DANTAS, L.S.; LOBATO, G.B.V.; RODRIGUES, V.P.; SANTOS, C.S.; JÚNIOR, J.G.V. Determinação da

- relação energia metabolizável e proteína bruta sobre o desempenho de codornas japonesas na fase de produção, **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.2, p.166-168, 2010.
- D'MELLO, J.P.F. A Comparasion of two empirial methods of determining amino acids requirements. **World's Poultry Science Journal**, v.38, p. 114-119, 1982.
- EMMANS, G.C. A model of the growth and feed intake of *ad libitum* fed animals, particularly poultry, in: HILLYERR, G.M. *et al.* (Eds) *Computers in Animal Production*, pp. 103-110 (Occasional Publication No. 5, **British Society of Animal Production**). 1981.
- ETCHES, R. J. **Reproducción aviar**. Zaragoza: Acríbia, 1996, p.339.
- FISHER, C. e MORRIS, T.R. The determination of the methionine requirement of the laying pullet by a diet dilution technique. **British Poultry Science**, v.11, p. 67-82, 1970.
- FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; OLIVEIRA, B.C.M. Efeito de níveis de proteína bruta e de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de codornas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.838-846, 2005.
- GANDHI, C.H. Kupffer cells. **Molecular pathology library series**. Chapter 6. Springer, 2011.
- GOUS, R.M.; GRIESSEL, M.; MORRIS, T.R. Effect of dietary energy concentration on the response of laying hens to amino acids. **British Poultry Science**, v.28, p.427-436,1987.
- GUNDERSEN, H.J.G. Notes on the estimation of numerical density of arbitrary profiles: the edge effect. **Journal Microscopy**. v.111, p. 219–223,1977.
- HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M., CASTRO, R.A.S. Efecto de los niveles de energía metabolizable y proteína sobre el desempeño zootécnico de codornices en postura. **Ciencia y Agricultura**, v.11, p.9-16, 2014.
- HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M.; DAZA, G.M.F. Efectos de la proteína bruta y energía metabolizable sobre la calidad del huevo de codorniz. **Orinoquia**; v.19, p.195-202, 2015.

- KAISER, H.F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v.23, p.187- 200, 1958.
- KUNG, P.; GRUELINH, H.T. Enzyme supplementation of a poultry diet containing rye and wheat. British **Journal of Nutrition**. Cambridge, v,62, p.139-149, 2000
- LOPES, I.R.V.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. et al. Efeito da densidade de alojamento e do nível de energia metabolizável da ração sobre o desempenho zootécnico e características dos ovos de codornas japonesas. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p.369-375, 2006.
- MELLO H.; MORAES J.R.E.; NIZA I.G.; MORAES F.R.; Ozório R.O.A., SHIMADA M.T.; ENGRACIA FILHO J.R.; CLAUDIANO G.S. Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. v.33, p.724- 730, 2013.
- MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; HOSODA, L.R.; PENA, G.M.; ANGELINI, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1628-1633, 2008.
- MURAKAMI, A.E.; MORAES, V.M.B.; ARIKI, J. Níveis de proteína e energia em rações para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em postura. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.4, p.541-551, 1993.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; JÚNIOR, J.G.V. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1761-1770, 2002.
- ROBBINS, K.R., SAXTON, A.M. e SOUTHERN, L.L. Estimation of nutrient requirements using broken-line regression analysis. **Journal of Animal Science**, Knoxville 84(13), E155-E165, 2006.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.V.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4ª edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

- 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.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K. E ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. FACV/UNESP, Jaboticabal. 2007. 283p.
- SAS Institute. 2010. SAS Proprietary Software Release 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- SAVIANI, G.; WENCESLAU, C.G.C.; PONSO, R; COGLIATI, B.; ARAUJO, C.M.M.; BLAZQUEZ, F.J.H. Histologia do fígado de avestruz (*Struthio camelus*, Linnaeus 1758). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 49, n. 2, p. 122-129, 2012.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.
- SPURLOCK, M.E.; SAVAGE, J.E. Effect of Dietary Protein and Selected Antioxidants on Fatty Liver Hemorrhagic Syndrome Induced in Japanese Quail. **Jornal Poultry Science**, v,72, n,11, p. 2095-2105, 1993.
- WARPECHOWAKI, M.B. **Efeito do nível e fonte de fibra sobre a concentração e a utilização de energia metabolizável de dietas para frangos de corte em crescimento**. 2005. 175 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- WARPECHOWSKI, M.B. **Efeito da fibra insolúvel da dieta sobre a pesagem no trato gastrointestinal de matrizes machos pesados, intactos, cecotomizados e fistulados no íleo terminal**. 1996 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

CAPITULO III - PARTIÇÃO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL PARA CODORNAS JAPONESAS

Diana Maryuri Correa Castiblanco, Silvana Martinez Baraldi Artoni, Edney Pereira da
Silva

RESUMO: Conhecer a partição da ingestão de energia para manutenção, crescimento e produção de ovos possibilita estruturar modelos e recomendar a ingestão de energia considerando as diferenças das aves no peso corporal (P), ganho de peso (GP) e massa de ovo (MO) em lotes comerciais. Esta pesquisa foi realizada para reavaliar a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos, a partir de estudo dose-resposta, utilizando como base a técnica da diluição para modificar a retenção de energia das aves. Foram utilizadas 300 codornas japonesas da linhagem VICAMI®, com 16 semanas de idade, com peso corporal médio 185 g e produção de ovos de 78 %, durante dez semanas, alojadas em câmaras climáticas. Para modificar a energia retida no corpo das aves foi empregada a diluição qualitativa da energia dietética. Foram utilizados dez tratamentos (níveis de energia metabolizável) distribuídos em inteiramente ao acaso, com seis repetições de cinco codornas por unidade experimental. As variáveis ingestão de energia metabolizável (IEM), MO, energia retida (ER) foram expressas em kcal/kg^{0,67}. A eficiência de utilização (k_t) foi estimada pela relação entre ER e IEM. A energia metabolizável para manutenção (EMm) foi obtida resolvendo a equação $ER = 0$. A exigência de energia líquida para GP foi obtida pela relação entre ER no corpo livre de pena (CLP) em função do CLP. A eficiência de utilização para produção de ovos (k_o) foi obtida pela relação entre ER na MO e IEM corrigida para manutenção e ganho de peso. Com base nas eficiências foram calculadas as exigências para GP e MO. A energia ingerida por codornas japonesas particionou conforme o modelo: $IEM = 135,12 \times P^{0,67} + 5,25 \times GP + 3,1 \times MO$.

Palavras chave: manutenção, modelo matemático, modelagem, produção de ovos

CHAPTER III - METABOLIZABLE ENERGY PARTITION FOR JAPANESE QUAILS

Diana Maryuri Correa Castiblanco, Silvana Martinez Baraldi Artoni, Edney Pereira da Silva

ABSTRACT- Knowing the partitioning of energy intake for egg maintenance, growth and production makes it possible to structure models and recommend energy intake considering the differences of birds in body weight (BW), weight gain (WG), egg production (EP) in commercial lots. This research was performed to reevaluate the energy partition for Japanese quails in the egg production phase, from the study dose response, using as a basis the technique of dilution to modify the energy retention of birds. A total of 300 Japanese quail VICAMI®, 16 weeks old, with averages for body weight of 185 g and egg production of 78% for ten weeks housed in climatic chambers. To modify the energy retained in the body of the birds, the qualitative dilution of dietary energy was used. Ten treatments (metabolizable energy levels) were distributed at random, with six replicates of five quails per experimental unit. The variables, metabolizable energy intake (IME), EO, retained energy (ER) were expressed in kcal/kg^{0,67}. Efficiency of use (k_t) was estimated by the relation between (ER) and (IME). The metabolizable energy for maintenance (ME_m) was obtained by solving equation $ER = 0$. The net energy requirement for (BW) was obtained by the relation between ER in the body free of penalty (BFP) in function do (BFP) the efficiency of use for egg production (k_o) was obtained by the relation between (ER) in corrected for maintenance and weight gain. On the basis of efficiencies, the requirements for BW, EO. The energy ingested by Japanese quails partitioned according to the model. $IME = 135,12 \times P^{0,67} + 5,25 \times WG + 3,1 \times EO$.

Keywords: Quail, maintenance, mathematical model, egg production

INTRODUÇÃO

O levantamento realizado por Minvielle (2004), entre 1992-2002, mostrou que a produção científica na área de produção de codornas reduziu na taxa de 4 artigos por ano, ou seja, uma média anual de 28 artigos. Este cenário é desafiador para a indústria brasileira de ovos de codornas japonesas, que nas últimas três décadas, contrariando esse cenário, vem registrando uma taxa de crescimento anual (1980-2009) cinco vezes maior que o segmento de ovos de galinhas de postura comercial (IBGE, 2015). Esse crescimento é reflexo da especialização da indústria de multiplicação de material genético, da indústria de produção de ovos, além de adoção de tecnologias para suportar produção de ovos em escala.

A melhoria na ambiência possibilitou que as aves aumentassem o consumo de ração, o peso corporal, o peso dos ovos, além de aumentar a viabilidade dos lotes em produção de ovos (SILVA JUNIOR, 2015). Entretanto, única característica que pode ser considerada positiva foi a redução na mortalidade. As demais, como peso corporal e peso dos ovos, no sistema de produção em escala, não podem ser interpretadas como melhoria devido à redução na espessura da casca do ovo (quebras nas esteiras), aumento no aparecimento de prolapso e na gordura corporal, esses dois últimos geraram complicações sobre a produção de ovos.

Uma alternativa é avaliação da eficiência de utilização da energia dietética por que, além de sua função vital, a energia é frequentemente utilizada nas formulações de rações como base de referência para expressar as exigências de outros nutrientes (RIVERA-TORRES et al., 2010). Dentre os métodos disponíveis, o dose-resposta, apesar de simples e prático, possui algumas limitações, por se basear somente nas variáveis de desempenho (CHWALIBOG, 1992). Vários ensaios foram conduzidos desta forma e a recomendação foi baseada na ausência de significância, indicando o menor nível avaliado, uma vez que a resposta da ave não foi modificada pelo nível de energia da dieta (BELO et al., 2000; PINTO et al., 2002; FREITAS et al., 2005; LOPES et al., 2006; BARRETO et al., 2007a; BARRETO et al., 2007b; MOURA et al., 2008; HURTADO-NERY et al., 2014; HURTADO-NERY et al., 2015; AGBOOLA et al., 2016).

Alguns pesquisadores consideram que somente particionando a ingestão de energia para manutenção, crescimento e produção de ovos seja possível extrapolar as informações obtidas em ensaios experimentais para outras situações, e assim recomendar a ingestão considerando as diferenças das aves no peso corporal, ganho de peso e produção de ovos (CHWALIBOG, 1992; SAKOMURA et al., 2004; SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016).

A eficiência de utilização da energia é o ponto chave para desenvolver modelos capazes de prever a ingestão baseada na sua partição. Na fase de produção de ovos, foi encontrado um estudo Jordão Filho et al. (2011). Os autores utilizaram a técnica do abate comparativo e, para modificar a retenção de energia, ofereceram níveis decrescentes de ração de 100%, 75%, 50% e 25% do consumo a vontade. Desta forma, Jordão Filho et al. (2011) encontraram o valor de 39% para eficiência de utilização da energia dietética. Com base na eficiência de utilização, os autores Jordão Filho et al. (2011), calcularam a exigência de manutenção, ganho de peso e produção de ovos em 92,34 kcal/kg $PC^{0,75}$, 6,23 kcal/g GP e 4,19 kcal/g MO, respectivamente.

De acordo com Sakomura (2004) o menor valor encontrado para eficiência de utilização foi de 47% para reprodutoras pesadas, que são aves com maior número de pausas entre as sequências de postura, que duram entre três e quatro ovos por ciclo. Além disso, os valores publicados para manutenção determinados na fase de postura (92,34 kcal/kg $PC^{0,75}$, Jordão Filho et al., 2011) e crescimento (157 kcal/kg $PC^{0,75}$, Zancanela et al., 2015) apresentam diferença 1.7. Esta diferença afeta o cálculo do consumo em 23%, portanto, em sistemas de produção em escala essa diferença é considerável e pode levar aos problemas já mencionados. Considerando o exposto, esta pesquisa foi realizada para avaliar a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos.

Material e Métodos

O protocolo experimental do presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA (Protocolo nº 006725/15), da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal.

Aves, instalação e delineamento experimental

Trezentas codornas japonesas da linhagem VICAMI®, com 16 semanas de idade foram alojadas em câmara climática, dotada de controle de temperatura ambiente. Foram usadas gaiolas de postura metálicas com medidas 1,00m × 0,50m × 0,15m, equipadas com comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*, além do coletor de ovos. O programa de iluminação adotado foi de 16 horas de luz e oito horas de escuro. O fornecimento de água foi *ad libitum*. A temperatura média foi de 22 °C, a máxima foi de 26 °C e a mínima de 18 °C. A umidade média foi de 41%, a máxima foi de 48% e a mínima de 34%.

As aves foram selecionadas com base no peso corporal e produção de ovos e em seguida foram distribuídas uniformemente nas unidades experimentais, com médias para peso corporal de 185 ±7 g e produção de ovos de 77,86±6,5%. Os tratamentos foram distribuídos em inteiramente ao acaso, com seis repetições de cinco codornas por unidade experimental. Os tratamentos consistiram de dez níveis de energia metabolizável.

Dietas experimentais

Para modificar a energia retida no corpo das aves foi empregado a diluição qualitativa da energia dietética, ao invés de controle do consumo, que é o procedimento tradicionalmente utilizado. A opção em utilizar esse procedimento visou conciliar a demanda por cuidados com animais de experimentação e pressupostos do método que é modificar a retenção de energia.

A recomendação de energia metabolizável foi baseada em 2.850 kcal/kg, de acordo com Silva e Costa (2009). Com base nisso, foram formuladas duas dietas, sendo uma com alto teor de energia metabolizável, 3.250 kcal/kg, formulada para conter 1,14 vezes da recomendação. A segunda foi formulada com baixo teor de energia metabolizável, 1.500 kcal/kg, para atender aproximadamente, 0,52 da recomendação de Silva e Costa (2009) e utilizada

Tabela 2. Composição percentual e nutricional calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	Alta energia	Baixa energia
Milho	55,59	16,16
Farelo de Soja, 45%	24,55	32,91
Casca de arroz	-	23,11
Óleo de soja	7,36	0,70
Lignocelulose, 65%	-	15,00
Calcário Calcítico	6,74	6,72
Fosfato Bicálcico	1,16	1,16
Sal	0,34	0,28
DL-Metionina, 99%	0,81	0,86
L-Lisina HCl, 78%	0,75	0,60
L- Arginina	0,83	0,72
L-Treonina	0,41	0,39
L-Valina	0,49	0,48
L-Isoleucina	0,40	0,36
L-Triptofano	0,16	0,14
Premix vitamínico mineral ¹	0,40	0,40
BHT ²	0,01	0,01
Total	100,00	100,00
Composição nutricional calculada		
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.250	1.500
Proteína bruta %	19,500	19,500
Lisina digestível %	1,300	1,300
Metionina digestível %	1,022	1,046
Metionina + cistina digestível %	1,243	1,243
Treonina digestível %	0,910	0,910
Triptofano digestível %	0,318	0,318
Valina digestível %	1,137	1,137
Cálcio %	2,900	2,900
Fósforo disponível %	0,303	0,303
Sódio %	0,145	0,145
Colina (mg/kg)	1,500	1,500

¹ Composição/kg do produto: Vit. A 1.750.000 U.I.; Vit. D3 500.000 U.I.; Vit. E 2.000 U.I.; Vit. K3 500 mg; Vit. B1 250 mg; Vit. B2 875 mg; Vit. B6 500 mg; Vit. B12 1.250 mcg/kg; Niacina 6.250 mg; Colina 65 g; Ácido pantotênico 2.500 mg; Cobre 2.000 mg/kg; Ferro 12,500 g; Manganês 17,500 g; Zinco 12,500 g; Iodo 300 mg; Selênio 50 mg. ² Butil Hidroxitolueno BHT.

Tabela 3. Composição percentual e nutricional calculada por dieta experimental.

Atendimento das exigências nutricionais por tratamento										
	Tratamentos									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
Nutrientes										
Energia Metabolizável kcal/kg	1.500	1.670	1.890	2.060	2.230	2.400	2.730	2.960	3.070	3.250
Proteína bruta (%)	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50	19,50
Fibra bruta (%)	20,74	19,00	16,76	15,03	13,30	11,57	8,20	5,86	4,74	2,91
Ácido linoleico (%)	0,97	1,37	1,90	2,30	2,71	3,11	3,90	4,54	4,71	5,14
Amido (%)	14,26	16,06	19,61	21,94	24,28	26,61	31,13	34,29	35,80	38,26
Óleo (%)	2,06	2,82	3,81	4,58	5,35	6,11	7,60	8,64	9,14	9,95
Aminoácido Digestível (%)										
Lisina	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Metionina+cistina	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Metionina	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
Triptofano	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Treonina	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Isoleucina	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Arginina	1,76	1,75	1,75	1,75	1,15	1,75	1,75	1,76	1,76	1,75
Valina	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Histidina	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Glicina+serina	1,41	1,40	1,39	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32
Cálcio	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
Fosforo	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sódio	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Potássio	0,63	0,62	0,62	0,61	0,60	0,60	0,58	0,57	0,57	0,56

Variáveis coletadas, analisadas e calculadas

Coletadas. Foi fornecido diariamente 27 g de ração por ave para manter os níveis energéticos estabelecidos, a qual foi fracionada em duas refeições, uma pela manhã e outra à tarde, para evitar desperdício. As sobras foram pesadas semanalmente para quantificar o consumo de ração. A produção de ovos foi registrada diariamente e o peso dos ovos foram medidos três dias consecutivos por semana, exceto para os níveis que apresentaram postura irregular. Nesses casos, as medidas foram realizadas de acordo com a produção diária dos ovos. A massa de ovo foi obtida pelo produto da produção de ovos e peso do ovo. O peso corporal das aves foi medido na primeira e décima semana.

Analisada. Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn). O valor de EMAn das rações foi determinado ao final da décima semana, por meio do método de coleta total de excretas. Bandejas coletoras de excretas foram adaptadas sob o piso das gaiolas. Óxido férrico (1%) foi adicionado às rações como marcador fecal no início e no final do período de coleta de excretas, que se estendeu por três dias. As excretas foram coletadas duas vezes ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas (*freezer* -20 °C) até o final do período de coleta; as amostras foram descongeladas e homogeneizadas por unidade experimental, pré-secas e moídas em moinho de bola. As amostras de rações e excretas foram analisadas para matéria seca, proteína bruta e energia bruta.

Uma amostra de cinco aves, com peso corporal semelhante às aves no início do ensaio foram sacrificadas para analisar a composição em matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. Ao final do período de coleta, foram sacrificadas uma ave por repetição para analisar matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. As aves foram submetidas a jejum sólido de 24 horas, em seguida foram pesadas, sacrificadas por electro narcose seguido de sangramento, depenadas, e pesadas novamente, para registro do peso do corpo livre de penas e congeladas para posterior processamento.

Para homogeneizar os tecidos, o corpo livre de penas das aves foi processado em moinho de carne. Alíquotas das amostras foram colhidas para posterior pré-secagem, em estufa de ventilação forçada a 55 °C, durante 72 horas. Ao final, as amostras foram pesadas, moídas em moinho de bola e

identificadas para posterior análise de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo.

A matéria seca foi determinada em estufa de 105 °C, durante 16 horas (AOAC, 2005; method 930.15). O nitrogênio total foi determinado pelo método Automated Kjeldahl Foss – (AOAC, 2005; method 2001.11) e o valor de proteína bruta foi considerado nitrogênio total $\times$ 6,25. O extrato etéreo foi determinado via extração da gordura, ANKOM XT15 (AOAC; 2005, method 920.39). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica o modelo C2000, (IKA Works Inc., Staufen, Germany).

Calculadas. O consumo de ração (CR, g/ave d) foi calculado por diferença entre fornecido e sobras. A massa de ovo (MO, g/ave d) foi obtida pelo produto da produção de ovos (PR, %/ave/dia) e peso do ovo (PO, g/ovo). A ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/ave d) foi calculada considerando multiplicação entre CR (g/ave/dia) e concentração de EMAn da dieta em (kcal/g).

A variação de peso do corpo livre de penas (Δ CLP, g/ave d) foi obtido por diferença entre o peso do corpo livre no início (CLP_i) e no final (CLP_f) do ensaio, dividido por 70 dias, que foi o período experimental. O peso de lipídios (PL) e peso de proteína (PP) no CLP no início (PL_i e PP_i, respectivamente) e final (PL_f e PP_f, respectivamente) do ensaio foram obtidos multiplicando o teor de extrato etéreo e proteína bruta, determinados no início e fim do ensaio pelo CLP_i e CLP_f, respectivamente. As deposições de lipídio (DL, g/ave d) e proteína (DP, g/ave d) foram obtidas por diferença entre PL_f – PL_i, em seguida dividido por 70, para DL e PP_f – PP_i dividido por 70, para DP.

A retenção de energia (ER, kcal/ave d) foi considerada a soma da energia retida como lipídio (DL $\times$ 9,46 kcal/g) e proteína (DP $\times$ 5,69 kcal/g) mais a ER na MO (MO $\times$ 1,550 kcal/g). A energia de combustão do lipídeo (9,46 kcal/g) e da proteína (5,69 kcal/g) foi obtido de Emmans (1994) a energia contida no ovo (1,550 kcal/g) foi obtida de Jordão Filho et al. (2011). A produção de calor (PC) foi obtida por diferença entre a IEM e ER.

As variáveis, IEM, ER e PC foram padronizadas considerando o sistema de unidade por kg de peso metabólico (kg^{0,67}). Desta forma, essas variáveis foram convertidas em kcal/kg^{0,67} d. A opção em usar 2/3 (~0,67) para representa a taxa

metabólica basal das aves foi baseada no estudo meta-analítico de Dodds et al. (2001).

Estimativa da eficiência de utilização e energia metabolizável para manutenção

A eficiência de utilização (k_g) foi estimada pela relação entre ER e IEM, conforme Sakomura e Rostagno (2016), conforme a equação Eq [1]. A energia metabolizável para manutenção (EMm) foi obtida resolvendo a Eq. [1] para ER= 0.

Eficiência de utilização e manutenção

$$ER = -a + k_t \times IEM, \text{ quando ER, é kcal/kg}^{0.67} \text{ d e IEM, kcal/kg}^{0.67} \text{ d} \quad \text{Eq [1]}$$

$$EMm = a / k_t$$

Estimativa da exigência de energia líquida para manutenção

A exigência de energia líquida para manutenção (ELm) foi estimada por meio da relação entre a PC e IEM (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2016), utilizando dois modelos matemáticos, exponencial (Eq 2) e linear (Eq 3), devido as diferenças na interceptação para IEM|₀.

$$PC = ELm \times e^{b \times IEM} \quad \text{Eq [2]}$$

$$PC = ELm + b \times IEM \quad \text{Eq [3]}$$

Foi utilizado o critério de informação de Akaike (AIC), considerando o menor valor absoluto para selecionar o modelo que melhor se ajustou aos dados.

A eficiência de utilização para manutenção (k_m) foi obtida considerando a relação entre ELm/EMm.

Estimativa da exigência de energia líquida para ganho de peso

Na fase de produção de ovos, admite-se que as aves tenham atingido o estágio fisiológico da maturidade e desse modo, o crescimento esperado é nulo. Com base nesse pressuposto, dois procedimentos foram utilizados para estimar a exigência para ganho de peso. O primeiro considera a relação entre a IEM, $P^{0.67}$, GP e MO, conforme a Eq [4].

$$IEM = \beta_1 P^{0.67} + \beta_2 GP + \beta_3 MO \quad \text{Eq [4]}$$

Em que IEM, $P^{0.67}$, GP e MO são variáveis de entradas no modelo, em kcal/ave d; $P^{0.67}$ é kcal/ kg^{0.67}; GP, g/ave/dia; MO, g/ave/dia, respectivamente. Os parâmetros β_1 , β_2 e β_3 são as exigências por unidade kcal por kg^{0.67}, unidade de ganho, kcal/g e por unidade de massa de ovo kcal/g, respectivamente. Os parâmetros foram estimados por regressão linear múltipla sem intercepto.

O segundo considera a relação linear entre ER no CLP em função do CLP, conforme a Eq [5].

$$\text{ER no CLP} = a + k_c \text{ CLP} \quad \text{Eq [5]}$$

Em que ER no CLP, é dada em kcal e CLP é dado em g. Os parâmetros a e k_c foram estimados por regressão linear simples. O parâmetro de interesse é o k_c , que significa energia líquida por g, kcal/g. A exigência de energia metabolizável para GP foi obtida pela relação entre k_c/k_t .

Estimativa da eficiência de utilização para produção de ovos

A eficiência de utilização para produção de ovos (k_o) foi obtida pela relação entre ER na MO e IEM corrigida (IEMc). A IEMc foi obtida subtraindo a ingestão para manutenção e ganho de peso das aves, conforme a equação Eq [6].

$$\text{ER na MO} = a + k_o \text{ IEMc} \quad \text{Eq [6]}$$

Em que ER na MO, é dada em kcal/kg^{0.67} d e IEMc é dada em kcal/kg^{0.67}/dia. Os parâmetros a e k_o foram estimados por regressão linear simples. A exigência de energia metabolizável para MO foi obtida pela relação entre energia depositada por grama de MO e dividida por k_o .

Avaliação dos modelos

O modelo parametrizado nesta pesquisa e o modelo de predição de Jordão Filho et al. (2011) foram avaliados. Os modelos foram submetidos à análise dos erros conforme a descrição de St-Pierre (2003). Os erros (observado – predito) foram regredidos em função dos valores preditos de acordo com o seguinte modelo, Eq [7].:

$$e_i = b_0 + b_1 \times (\text{IEMi} - \mu\text{IEM}) \quad \text{Eq. [7]}$$

Em que e_i é o valor residual para toda observação i ; b_0 e b_1 são estimativas dos parâmetros; IEMi é valor predito para todo i ; μIEM é o valor médio para todos os valores preditos. A regra de decisão baseia-se no pressuposto que para o

modelo ser imparcial a correlação aproxima-se de 1, quando R^2 aproxima-se de 0, ou seja, os resíduos não estão correlacionados com as predições e a inclinação b_1 do e_i em função de IEM_i é zero se o modelo for imparcial.

Os modelos possuem variáveis de entrada semelhantes ($P^{0,67}$, GP, e MO), entretanto, diferem quanto aos valores das constantes nutricionais. Os coeficientes k_1 , k_2 e k_3 de Jordão Filho et al. (2011) são 92,34 kcal/kg^{0,75}, 6,23 kcal/g e 4,19 kcal/g, respectivamente. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS (Statistical Analysis System 2010, versão 9.2).

Predição da ingestão de energia e concentração de energia metabolizável na dieta baseado em respostas de um lote comercial de codornas japonesas

O modelo consiste na partição da IEM para manutenção do peso corporal, ganho de peso e produção de MO, conforme a Eq 8. A Eq 9 foi fornecida para permitir a predição da MO em função da IEM e o GP. Os coeficientes k_1 , k_2 e k_3 são EMM (kcal/kg^{0,67}), EMg (kcal/g) e EMO (kcal/g), respectivamente, obtidos as seções anteriores.

$$IEM = k_1 P^{0,67} + k_2 GP + k_3 MO \quad \text{Eq. [8]}$$

$$MO = [IEM - (k_1 P^{0,67} + k_2 GP)] / k_3 \quad \text{Eq. [9]}$$

O modelo preconiza uma relação linear entre as variáveis de entrada $P^{0,67}$, GP e MO. Quando a Eq. 9 for utilizada, MO deve ser $\leq R_{\max}$, em que, $R_{\max}$ é o máximo potencial de produção de massa de ovo (g/ave/dia), para evitar superestimação. Uma outra restrição é feita quando a IEM for $<$ que $k_1 P^{0,67}$, MO deve ser considerada igual a zero, evitando assim valores negativos no uso da equação (Fisher et al. 1973; Silva et al., 2015).

A base consiste de um lote de codornas japonesas na fase de produção, do primeiro ovo ao descarte das aves. As aves foram criadas em galpão com bateria vertical automática, com idade inicial de 37 dias e idade final de 334 dias. O número de aves no mês 1, corresponde ao total alojado, nos demais meses, esse número foi corrigido para mortalidade no período. No mês 10 foi contabilizado 28 dias de registro de dados, mas os demais meses foram considerados 30 dias. As variáveis produção de ovos (PR), peso de ovo (PO), massa de ovo (MO) máxima e média dentro de cada mês foi apresentada. O

peso corporal e variação de peso corporal (g/ave/dia) foi apresentado dentro do período. (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo das variáveis de desempenho de um lote comercial de codornas japonesas do início do período produtivo ao descarte¹

Itens	Meses de Produção									
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Idade média das aves	52	82	112	142	172	202	232	262	292	321
nº aves	44740	43908	42701	40957	39242	36815	33631	30691	27631	24583
Máxima PR	86	91	91	91	90	88	81	80	76	74
Máxima PO	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Máxima MO	10	11	11	11	11	10	10	10	9	9
Peso médio (P)	168	186	187	192	191	187	182	188	190	190
Variação de P - período	23	10	-7	6	-5	-2	3	5	-2	-9
Variação de P - diário	0,8	0,3	-0,2	0,2	-0,2	-0,1	0,1	0,2	-0,1	-0,3
Média PR	59	89	86	86	84	82	79	76	73	66
Média PO	10	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Média MO	6	10	10	10	10	10	10	9	9	8

PR: Produção; PO: peso do ovo; MO: massa de ovo; P: peso.

Resultados

Respostas no desempenho e composição corporal e energética

Na Tabela 5 estão apresentados os níveis de energia metabolizável calculado e analisado, o consumo de ração, peso corporal, variação do peso corporal, massa de ovos, energia retida, deposição de lipídeo e proteína no corpo, retenção de energia no ovo, energia retida total, ingestão de energia metabolizável e produção de calor de codornas japonesas submetidas a diferentes concentrações de energia metabolizável, no período de 10 semanas.

O consumo médio de ração foi 24,2 g. As aves do tratamento com 1.766 kcal /kg consumiram em média 9,34% mais ração quando comparadas com as aves do tratamento com 3.045 kcal de energia. O peso médio das aves foi de 179,1 g. A maior média de peso corporal foi verificada para o tratamento com maior concentração de energia na dieta e o menor peso foi de 164,9 g (14% menor quando comparado com o maior peso). Foi verificado perda de peso para os tratamentos com menores níveis de energia na dieta. A partir de 2.730 kcal não houve perda e as aves apresentaram ganho de peso positivo. A medida em que as aves consumiram energia, houve maior produção de massa de ovos. A menor massa de ovo foi de 0,53 g/ave/dia que representa apenas 6,1% da maior massa de ovos que foi de 8,68 g/g. A medida em que houve maior consumo de energia, houve maior retenção da energia no corpo livre de penas, sendo a média de 305,6 kcal. A deposição do lipídeo e da proteína foram maiores para os tratamentos com maior concentração de energia metabolizável. A retenção de energia no ovo foi em média 7,04 kcal. O nível mais elevado (3.058 kcal/kg) obteve uma retenção cerca de 94% a mais de energia no ovo, quando comparado com o nível mais baixo (1.609 kcal/kg). A média da energia retida total (considerando ovo e corpo) foi de 6,82 kcal/ave/dia. A medida em que as aves consumiram maior quantidade de energia na dieta, consequentemente houve maior retenção de energia (média de 6,82 kcal/ave/dia), maior ingestão de energia metabolizável (56,4 kcal/ave/dia) e maior produção de calor (média de 49,5 kcal/ave/dia).

Tabela 5. Respostas de codornas japonesas submetidas a diferentes concentrações de energia metabolizável na dieta.

EMAn Calculado kcal/kg	EMAn Analisado kcal/kg	Consumo Ração g/ave/dia	Peso Corporal g/ave	Varição Peso Corporal g/ave/dia	Massa Ovo g/ave/dia	Energia Retida no CLP	Deposição Lípido Corpo g/ave/dia	Deposição Proteína Corpo g/ave/dia	Retenção Energia ovo kcal	Retenção Lípido Total kcal/ave/d	Retenção Proteína Total kcal/ave/d	Energia Retida Total kcal/ave/d	Ingestão Energia Metabolizável kcal/ave/d	Produção Calor kcal/ave/d
1.500	1.609	24,8	171,9	-0,380	0,610	286,4	-0,110	-0,070	0,810	-0,060	-0,010	-0,6	40,3	40,9
1.670	1.766	25,7	164,9	-0,430	0,530	268,6	-0,100	-0,070	1,210	-0,050	-0,010	-0,6	45,1	45,5
1.890	1.740	23,7	173,5	-0,360	1,010	291,0	-0,090	-0,060	1,570	0,000	0,060	0,3	41,3	40,9
2.060	1.895	24,9	175,6	-0,240	3,170	295,4	-0,080	-0,050	4,460	0,210	0,300	3,7	47,7	43,9
2.230	2.260	24,5	178,4	-0,260	3,480	303,4	-0,070	-0,050	5,390	0,250	0,330	4,3	55,3	51,0
2.400	2.394	24,5	179,9	-0,150	4,740	307,2	-0,020	-0,020	7,350	0,410	0,510	6,8	58,7	51,9
2.730	2.643	23,7	185,2	0,000	7,790	321,6	0,030	0,020	10,620	0,740	0,880	12,0	64,9	52,0
2.960	2.892	23,5	180,7	0,010	8,240	309,0	0,100	0,030	12,770	0,850	0,940	13,4	68,0	54,6
3.070	3.045	23,3	189,0	0,040	8,220	332,2	0,120	0,010	12,740	0,870	0,930	13,5	70,9	57,4
3.250	3.058	23,5	191,9	0,160	8,680	340,8	0,240	0,030	13,450	1,020	0,990	15,3	71,8	56,5
Média	2.330	24,2	179,1	-0,160	4,650	305,6	0,000	-0,020	7,040	0,420	0,490	6,820	56,40	49,5
Erro	178	0,2	2,6	0,060	1,060	6,9	0,040	0,010	1,600	0,130	0,130	1,990	3,90	2,0

Estimativa da eficiência de utilização e energia metabolizável para manutenção

O ajuste da relação entre energia retida (ER, kcal/kg^{0.67}/dia) e ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/kg^{0.67}/dia) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade, resultou na Eq. com erro aproximado de 7,8 kcal/kg^{0.67}/dia.

$ER = -68.91^{**} \pm 5.67 + 0.51^{**} \pm 0.031 \times IEM$, $R^2 = 83\%$, $RSD = 7.8$ kcal/kg^{0.67}/dia.

Igualando a $ER=0$, foi calculado a EMm em 135,12 kcal/kg^{0.67}/dia, como segue:

$0 = -68.91 + 0.51 \times IEM$, $IEM = -(-68.91/0.51) = 135,12$ kcal/kg^{0.67}/dia.

Eficiência de utilização acima da manutenção, denominada aqui de total (k_t) foi estimada em 0.51.

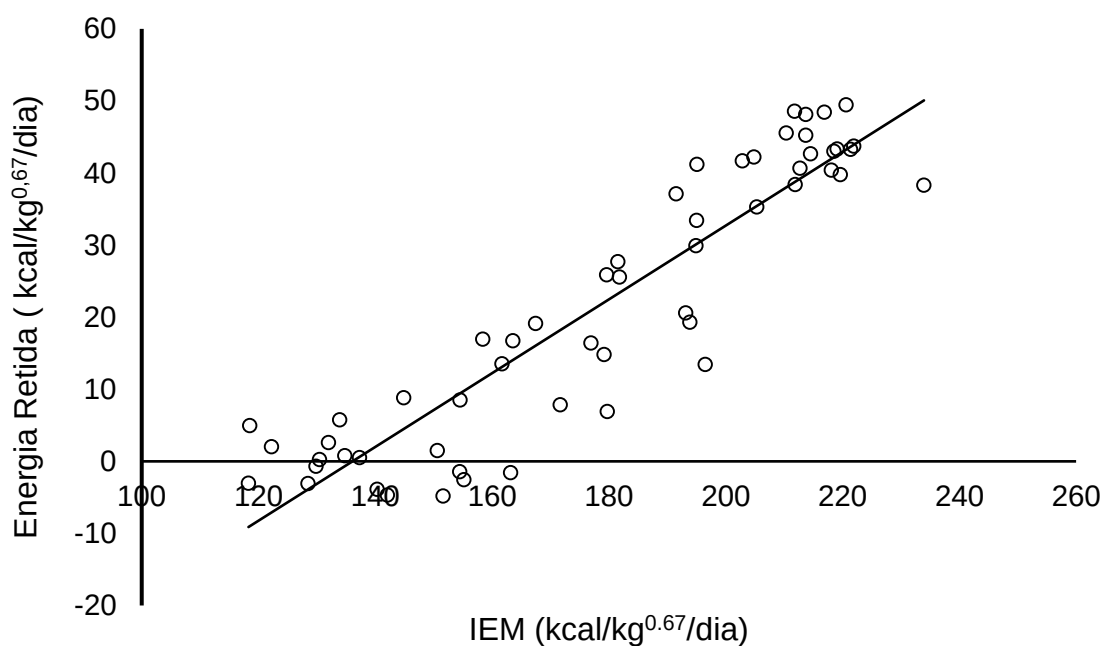


Figura 1. Energia retida (ER) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade. $ER = -68.91 + 0.51 \times IEM$, $R^2 = 83\%$.

Estimativa da exigência de energia líquida para manutenção

A relação entre produção de calor (PC, kcal/kg^{0.67}/dia) e ingestão de energia metabolizável (IEM, kcal/kg^{0.67}/dia), resultou em duas equações, sendo adotado o AIC como critério para selecionar o modelo linear. Os erros associado

ao modelo e R^2 foram semelhantes, portanto, a estatística AIC foi decisiva para fundamentar as interpretações, que são abordadas na discussão.

Modelo Exponencial: AIC 394.6

PC = $94,57^{**} \pm 4,18 e^{0.0029^{**} \pm 0.000212 \times \text{IEM}}$, $R^2 = 80\%$, RSD = 7.4 kcal/kg^{0.67}/dia.

Modelo Linear: AIC = 387.8

PC = $78,20^{**} \pm 5.67 + 0.442^{**} \pm 0.031 \times \text{IEM}$, $R^2 = 80\%$, RSD = 7.4 kcal/kg^{0.67}/dia.

A eficiência de utilização para manutenção k_m baseada no modelo exponencial foi de 0.70 e o k_m baseada no modelo linear foi de 0.58.

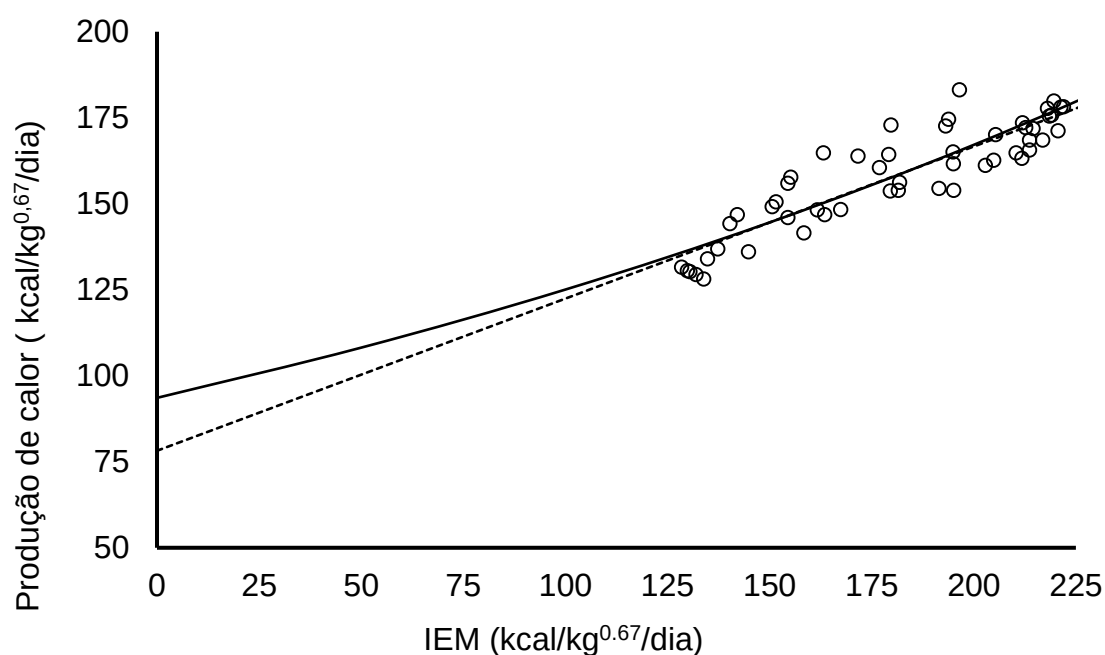


Figura 2. Produção de calor (PC, kcal/kg^{0.67} d) em função da ingestão de energia metabolizável (IEM) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.

Linha —, Modelo Exponencial; Linha -----, Modelo Linear.

Modelo Exponencial: PC = $94,57 e^{0.0029 \times \text{IEM}}$, $R^2 = 80\%$

Modelo Linear: PC = $78,20 + 0.442 \times \text{IEM}$, $R^2 = 80\%$

Estimativa da exigência de energia líquida para ganho de peso

O primeiro procedimento considerou a relação entre a IEM (kcal/ave/dia), $P^{0.67}$ (kcal/kg^{0.67}/dia), GP (kcal/g) e MO (kcal/g).

$\text{IEM} = 129.26^{**} \pm 6.35 \times P^{0.67} - 2.74^{ns} \pm 3.79 \times \text{GP} + 3.24^{**} \pm 0.30 \times \text{EO}$, $R^2 = 99.4$, RSD = 4.4.

Os parâmetros significativos foram: β_1 e β_3 , portanto, não foi possível ajustar o ganho de peso. O erro de 4,4 kcal/ave d e R^2 de 99,4 são semelhantes aos valores obtidos para o modelo ajustado removendo o GP. Desta forma, o modelo passa a depender do $P^{0.67}$ e MO.

$$IEM = 133.13^{**} \pm 3.39 \times MBW + 3.07^{**} \pm 0.19 \times EO, R^2 = 99.4, RSD = 4.3.$$

O segundo procedimento considerou a relação linear entre ER no CLP em função do CLP. Conforme esperava-se, foi obtido um ajuste linear e parâmetro de interesse ($2,68 \pm 0.02$) foi estimado com erro associado que confere confiabilidade para uso em modelos de predição.

$$ER \text{ in CLP} = -175.31^{**} \pm 2.95 + 2.68^{**} \pm 0.02 \times CLP, R^2 = 99.8\%, RSD = 1.2 \text{ kcal/kg}^{0.67}/\text{dia}$$

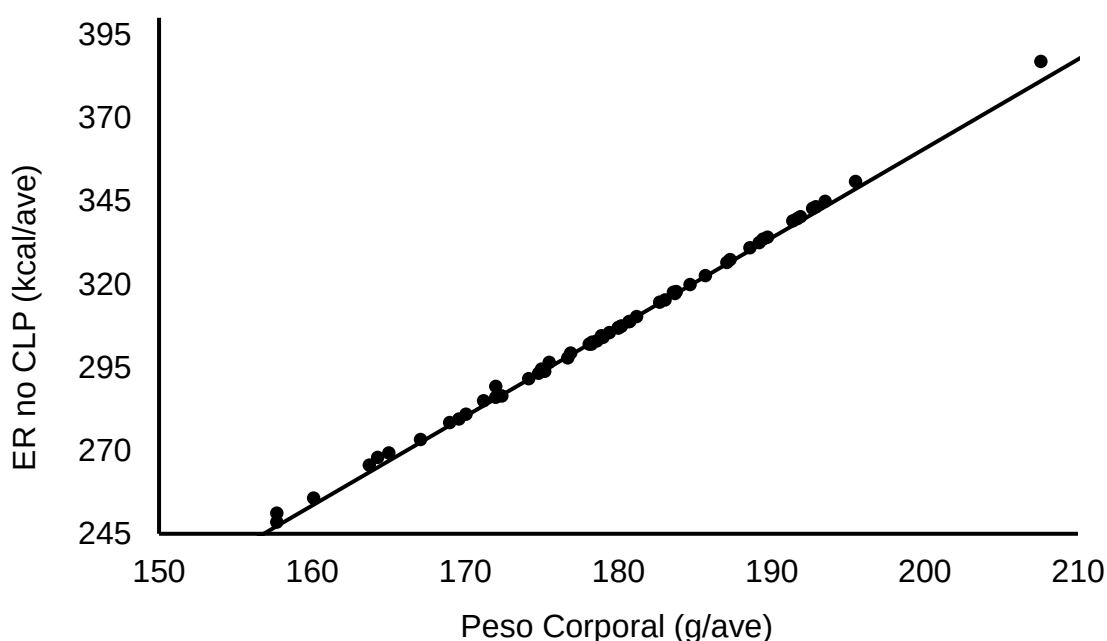


Figura 3. Energia retida no corpo livre de penas (CLP) em função do peso de corpo livre de penas (CLP) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade. $ER \text{ no CLP} = -175.31 + 2.68 \times PC, R^2 = 99.8\%$.

Estimativa da eficiência de utilização para produção de ovos

A eficiência de utilização para produção k_o foi estimada em 0,5089, aproximadamente, 0,51. Este valor ratifica a pouca influência do GP sobre a utilização da energia para codornas japonesas na fase de produção devido à similaridade entre k_o e k_t .

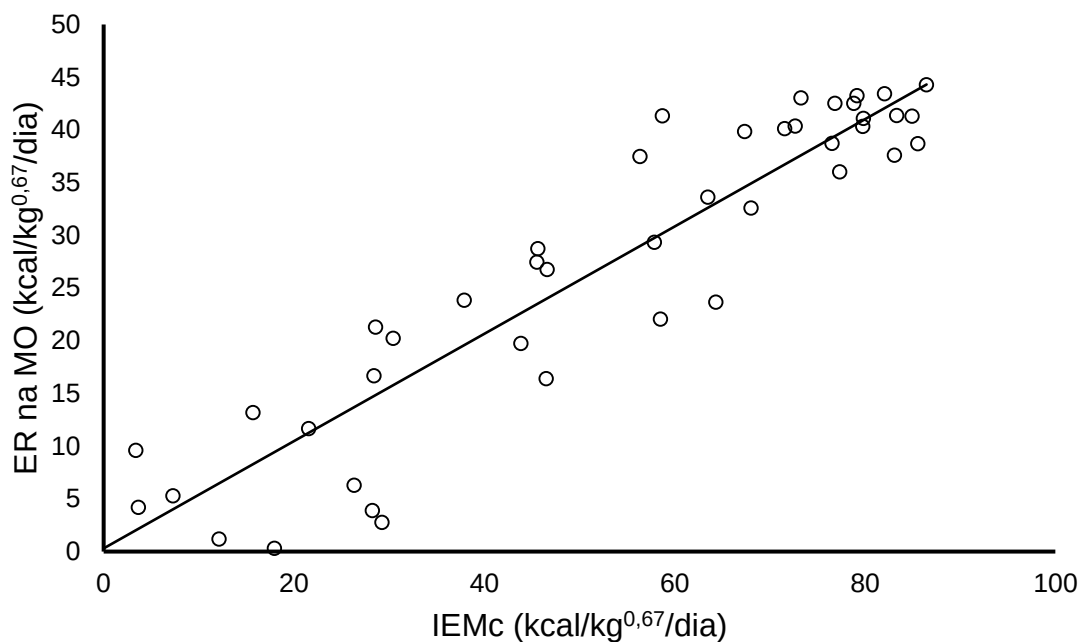


Figura 4. Energia retida na massa de ovo em função da ingestão de energia metabolizável corrigida (IEMc) de codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade.

$$ER \text{ no MO} = 0,30 + 0,5089 \times IEMc, R^2 = 87\%.$$

Avaliação dos modelos

Modelo 1 proposto na presente pesquisa:

$$e_i = 0,194^{NS} \pm 0,618 - 0,111^* \pm 0,0497 \times (IEM_i - \mu IEM), R^2 = 0,07, RSD = 4.63$$

Modelo 2 proposto por Jordão Filho et al. (2011):

$$e_i = 12,427^{**} \pm 0,605 - 0,293^{**} \pm 0,0385 \times (IEM_i - \mu IEM), R^2 = 0,51, RSD = 4.53$$

Para o presente modelo, o b_0 não diferiu de zero, indicando que as diferenças escalares presentes no modelo não são expressivas. Para b_1 o valor obtido foi de 0,93 (1-0,07) ou 93% de precisão do modelo. Por outro lado, o modelo de Jordão Filho et al. (2011), apresentou erro escalar (b_0) e viés de predição (b_1) significativos, com precisão de 49% na predição das respostas obtidas nesta pesquisa. A análise da composição do erro (e_i) permite a seguinte interpretação: e_i = diferença escalar (b_0) + viés da predição (b_1) + precisão (1 - R^2). Para o modelo obtido na presente pesquisa a composição do erro foi a seguinte: 4,63 kcal/ave d = 4,2% + 2,4% + 93% e a composição do erro do

modelo de Jordão Filho et al. (2011) foi $4,53 = 274,3\% + 6,5\% + 49\%$, é possível observar os modelos diferem no erro escalar e na precisão.

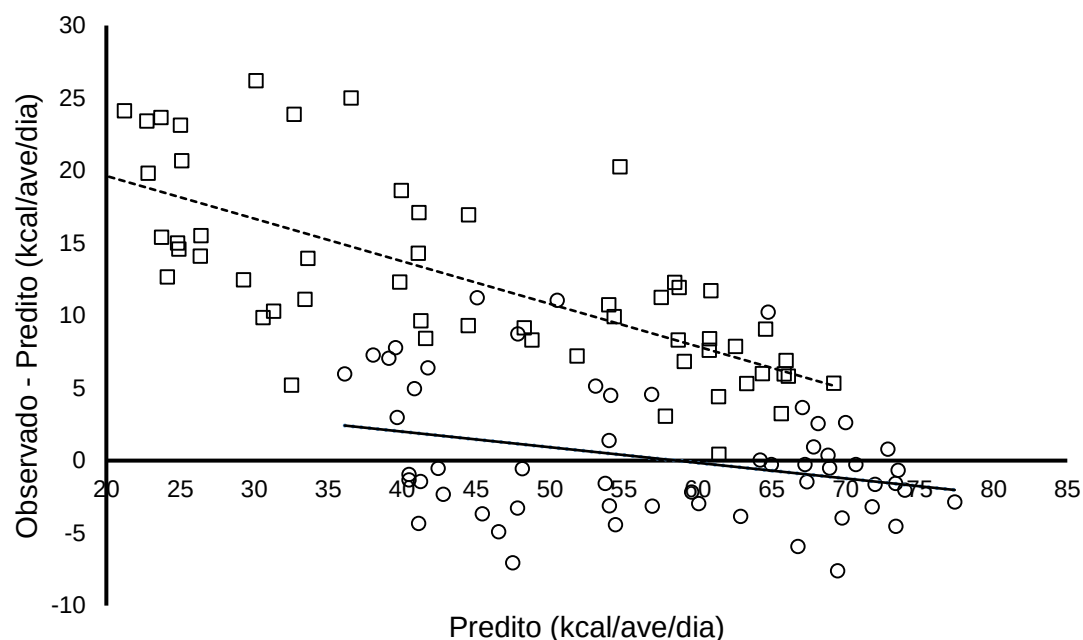


Figura 5. Avaliação do viés de predição da ingestão de energia metabolizável para codornas japonesas de 16 a 26 semanas de idade. Relação entre erro (observado – predito) em função do valor predito.

○, ———, Modelo 1, proposta na presente pesquisa:

$$e_i = 0,194 - 0,111 \times (IEM_i - \mu IEM), R^2 = 0,07;$$

□, ... , Modelo 2, Jordão Filho et al. (2011):

$$e_i = 12,427 - 0,293 \times (IEM_i - \mu IEM), R^2 = 0,51$$

Predição da ingestão de energia e concentração de energia metabolizável na dieta baseado em respostas de um lote comercial de codornas japonesas

Na Tabela 6 têm-se a predição da ingestão de energia metabolizável e concentração de energia metabolizável na ração baseada em dois consumos: 25 e 27 gramas por ave dia. Foram gerados dois valores preditos, um se refere a máxima produção de massa de ovos e o outro foi aplicado utilizando a da produção de massa de ovos de um lote comercial de codornas japonesas na fase de postura. Foram considerados 10 meses com 30 dias cada, exceto para o mês 10º que foi considerado 28 dias de registro de dados. A ingestão de energia variou de 71 (10º mês) a 79 kcal (2º e 4º mês) para produção máxima de massa de ovo e de 65 (1º mês) a 78 kcal (2º mês) para produção média de massa de ovo. Considerando o primeiro e o décimo mês de produção, a ingestão de energia diminuiu quando foi considerada a máxima resposta e aumentou quando foi considerado a produção média de massa de ovos.

As concentrações de energia metabolizável considerando 25 g/ave/dia para produção de massa de ovo baseada na máxima resposta variaram de 2.837 (10º mês) e 3.158 (4º mês) e de 2.587 (1º mês) a 3.107 (2º mês) considerando a produção média de massa de ovo.

A concentração de energia metabolizável baseada em 27 g para obtenção da máxima massa de ovo variou de 2.626 (10º mês) a 2.924 kcal/kg (4º mês) por dia e de 2.396 (1º mês) a 2.877 kcal/kg (2º mês) para a média produção de massa de ovo. No geral, a concentração de energia metabolizável na ração foi maior quando foi considerado o consumo de 25 g/ave/dia.

Tabela 6. Predição da ingestão de energia e concentração de energia metabolizável na dieta baseado em respostas de um lote comercial de codornas japonesas¹

Itens	Meses de Produção (30 dias) ²									
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Cálculo da ingestão de energia metabolizável baseada na máxima e média massa de ovo, kcal/ave/dia										
Máxima MO, g/ave/dia	76	79	76	79	77	76	73	75	73	71
Média MO, g/ave/dia	65	78	74	77	74	74	73	73	71	68
Concentração energia metabolizável na ração, kcal/kg, baseada no consumo de 25 g/ave/dia										
Máxima MO, g/ave/dia	3.025	3.148	3.040	3.158	3.083	3.038	2.936	2.999	2.902	2.837
Média MO, g/ave/dia	2.587	3.107	2.956	3.076	2.969	2.942	2.925	2.928	2.845	2.709
Concentração energia metabolizável na ração, kcal/kg, baseada no consumo de 27 g/ave/dia										
Máxima MO, g/ave/dia	2.800	2.915	2.815	2.924	2.855	2.813	2.719	2.777	2.687	2.626
Média MO, g/ave/dia	2.396	2.877	2.737	2.848	2.749	2.724	2.708	2.711	2.634	2.509

¹Mês 10 foi contabilizado 28 dias de registro de dados; ²Galpão com uma bateria vertical automática; Idade inicial 37 dias, Idade final 334 dias; PR, produção de ovos; PO, peso de ovo; MO, massa de ovo. n° Aves, no mês 1, corresponde ao total alojado, nos demais meses, o número foi corrigido para mortalidade no período.

Discussão

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de reavaliar a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos, a partir de estudo dose-resposta, utilizando como base a técnica da diluição para modificar a retenção de energia das aves. Os resultados obtidos pela metodologia empregada possibilitaram aplicar os procedimentos descritos por Sakomura e Rostagno (2016) para determinar os parâmetros necessários para explicar a partição da energia em codornas japonesas na fase de produção.

De acordo com Emmans (1994), o animal aumentará o consumo de ração para atender o primeiro recurso nutricional limitante na dieta. Com base nisso, o procedimento experimental foi modificado, considerando como ponto importante e diferentes dos demais estudos dose-resposta (BELO et al., 2000; PINTO et al., 2002; FREITAS et al., 2005; LOPES et al., 2006; BARRETO et al., 2007a; BARRETO et al., 2007b; MOURA et al., 2008; HURTADO-NERY et al., 2014; HURTADO-NERY et al., 2015; AGBOOLA et al., 2016), o controle do consumo de ração. Os níveis formulados só exerceriam os efeitos esperados se o consumo de ração não fosse ultrapassado. Entretanto, como mostrado na Tabela 5 as aves consumiram no máximo 25,7 g/ave/d, com média geral de 24 g/ave/dia, que significa redução de 5 e 10%, respectivamente, para o limite esperado de 27 g/ave/dia, conforme a formulação dos níveis.

Como justificativa para esses resultados, acredita-se que a diferença entre os valores calculados e analisados de EMAn das dietas experimentais possa estar envolvida, especialmente para os níveis com maior diluição na energia dietética, onde foram fornecidas dietas com mais 100 kcal/kg além do previsto. Por outro lado, a dieta concentrada formulada para conter o maior nível de energia, apresentou diferença de 192 kcal/kg do previsto. Como estudo pioneiro em estudar partição da energia a partir de ensaio dose-resposta, registra-se a seleção e supervisão da mistura dos ingredientes, como item que diferencia do método tradicional, que utiliza restrição quantitativa na ingestão e considera apenas uma dieta.

Acredita-se que as diferenças encontradas nos valores de EMAn calculados e analisados (Tabela 5) não afetaram o desenho experimental, apenas não possibilitaram que aves apresentassem a máxima produção de ovos; que se esperava algo próximo de 95%, com peso de ovo de 11,5 g, que

resultaria em 10,9 g de massa de ovo por ave dia, enquanto, que a massa de ovo obtida foi de 8,6 g/ave d (Tabela 5), cerca de 21% menor que o esperado.

Desta forma, todos os tratamentos proporcionaram respostas que se situaram na fase de ausência de resposta e linear de resposta. Esta característica possibilitou estudar com maior número de tratamentos a exigência de manutenção e eficiência de utilização da energia que requer (SILVA et al., 2015a; SILVA et al., 2015b), desenho experimental equivalente aos níveis analisados.

A diluição foi efetiva para reduzir a produção de ovos, no entanto, de acordo com resultados da Tabela 5, codornas japonesas mobilizam reservas para manter a produção de ovos em aproximadamente, 0,6 g/ave/dia, com balanço energético negativo de -0,6 kcal/ave/dia. Jordão Filho et al. (2011) encontraram mobilização 2,5 vezes maior que a relatada nesta pesquisa, de 1,52 kcal/ave/dia. A diferença entre a mobilização pode ser atribuída primariamente ao método, indicando que a restrição quantitativa aplicada por Jordão Filho et al. (2011) em 40 dias de ensaio, proporcionou maior mobilização. Por outro, a idade das aves na presente pesquisa pode ter proporcionado maior formação de reservas corporais, além da técnica da diluição ser menos invasiva, considerando que em 70 dias de ensaio, as aves apresentaram menor mobilização, pode ser uma alternativa metodológica na atualidade.

A avaliação de Dodds et al. (2001), ratifica a sugestão do estudo de Freeman (1967) em utilizar a potência de 2/3 para explicar a taxa metabólica de codornas japonesas adultas. Esta base foi empregada no estudo da eficiência de utilização total (k_t) e energia metabolizável para manutenção. A k_t considera a retenção total de energia (Figura 1) e não explica a eficiência de utilização para produção de ovos (k_o), por considerar a utilização acima da manutenção (RABELLO et al. 2006). O valor estimado para k_t foi 30% maior que o estimado por Jordão Filho et al. (2011). O k_t foi 15% menor (Figura 1) do que o encontrado para reprodutoras pesadas de 60% (Rabello et al. 2006). Este resultado indica proximidade entre codornas e poedeiras, apontadas nas avaliações de Begin (1968), que mostrou as maiores diferenças estão relacionadas no metabolismo proteico dessas aves.

A energia metabolizável para manutenção (EMm) encontrada foi 135,12 kcal/kg^{0.67}/dia (Figura 1), aproximadamente 1,46 vezes maior que o estimado por

Jordão Filho et al. (2011). O parâmetro de E_M foi 14% menor do que o encontrado para codornas de corte de 157 kcal/kg^{0,75} por Zancanela et al. (2015). As diferenças se anulam quando os coeficientes são padronizados para mesma base, kcal/ave. Considerando uma ave com 0,185 kg de peso corporal, a ingestão de manutenção calculada seria 43,6 e 44,3 com base em 135,12 kcal/kg^{0,67}/dia (presente pesquisa) e 157 kcal/kg^{0,75} (ZANCANELA et al. 2015), respectivamente. A relação entre a ingestão de 44,3 e peso metabólico na potência de 2/3 $44,3/(0,185^{0,67})$, resulta-se em 137,17 kcal/kg^{0,67}/dia, portanto, a diferença está relacionada a potência de 2/3 para explicar a taxa metabólica de codornas.

A exigência de energia líquida para manutenção (E_{Lm}) tem sido estudada por meio de função exponencial (Rabello et al. 2006; Jordão Filho et al. 2011; Sakomura e Rosntago, 2016), entretanto, na presente pesquisa, o modelo selecionado para estudar a produção de calor foi a função linear, que estima a E_{Lm} em 78,20 kcal/kg^{0,67}/dia (Figura 2) e a relação entre E_{Lm}/E_M resulta em 58% de eficiência de utilização para manutenção (k_m). O valor de k_m encontrado difere do calculado por Jordão Filho et al. (2011), que foi de 17% (Figura 2). O valor do k_m obtido pelo modelo exponencial da presente pesquisa se assemelha com os encontrados por Rabello et al. (2006), mas de acordo, com critério estatístico adotado, essa semelhança deve-se a superestimação na interceptação do modelo exponencial.

Baseado na dificuldade de estudar o ganho de peso no estágio de maturidade, a exigência de energia líquida para ganho de peso (E_{Lg}) também foi estimada por dois procedimentos. O parâmetro para ganho de peso estimado pela regressão linear múltipla foi negativo e não diferiu de zero. Este resultado confirma a dificuldade para se isolar a exigência de ganho de peso em ensaios de produção de ovos.

Mesmo não sendo o objetivo deste estudo, a influência do ovo a ser posto sobre o ganho de peso da parcela foi discutida. Acredita-se aqui que no momento da pesagem das aves, algumas aves diferiram o peso corporal, o que pode estar relacionado a presença ou ausência do ovo no trato reprodutivo. Portanto, este aspecto pode configurar como fonte de variação no cálculo do ganho de peso e deve ser considerada, entretanto, isso é melhor controlado quando o estudo for realizado com indivíduo.

A abordagem alternativa é a relação entre ER no CLP, em kcal, em função do CLP, em g. Desta forma, a inclinação da reta, assume unidade em kcal/g, que pode ser interpretada com ELg, estimada em 2,68 (Figura 3). A exigência de energia metabolizável para GP (EMg) obtida foi de 5,25 kcal por grama de GP. Apesar da ELg ter sido semelhante ao valor encontrado por Jordão Filho et al. (2011), a EMg diferiu entre os estudos, devido as diferenças nas eficiências (k_t).

A eficiência de utilização para produção de ovos (k_o) foi de 50,89%. Este resultado adiciona a pequena influência do ganho de peso sobre a retenção total de energia de codornas na fase de produção de ovos (Figura 4). Com base nessa eficiência foi calculado a exigência de energia metabolizável para produção de ovos EMO, de 3,1 kcal por grama de massa de ovo. Este valor foi 26% menor que o encontrado por Jordão Filho et al. (2011) e 30% maior que o determinado para reprodutoras pesadas (2,4 kcal/g de ovo) por Rabello et al. (2006).

Com base nos parâmetros encontrados para EMm, EMg e EMO foi estruturado um modelo para estimar a ingestão de energia metabolizável para codornas na fase de produção de ovos. Conforme a Figura 5 é possível observar que os erros não se correlacionaram com a predição, sob as hipóteses de intercepto $b_0 = 0$ e inclinação $b_1 = 1$, sendo $b_1 = 1 - R^2$. Este resultado indica que os parâmetros ajustados são capazes de prever o conjunto de dados analisados. As diferenças mostradas nesta avaliação devem ser interpretadas além dos modelos, pois ambos são estudos pioneiros e alguns fatores precisam ser melhor explorados, como por exemplo, diferenças na atividade física, escore de empenamento e composição corporal, que foram registrados por Luiting (1990) como os principais fatores que exercem influência sobre a variação no EMm. De modo geral, este resultado, ratifica a necessidade de reavaliação dos parâmetros (EMm, EMg e EMO) que descrevem a partição da energia para codornas japonesas na fase de produção de ovos.

É esperado que a máxima resposta da ave seja obtida em condições experimentais, entretanto, no presente estudo e na pesquisa de Jordão Filho et al. (2011) a máxima massa de ovo encontrada foi próxima de 9 g/ave/dia, inferior aos valores obtidos na criação comercial (Tabela 5), que inicia com 10 g/ave/dia, aumenta para 11 g/ave/dia no segundo mês, e se mantém até o quinto mês de produção. Portanto, em ambiente experimental o comportamento das aves pode

ser alterado, uma vez que a manipulação experimental é intensa, e isto pode ser um limitante para que as aves não tenham apresentado a máxima resposta.

Dentre os critérios para aplicar o modelo, o produtor deve decidir se considera a média ou máxima produção no período em questão como ferramenta de otimização, se desempenho ou rentabilidade, que são variáveis a serem refletida *in locu*. Considerando as condições comerciais de criação, o modelo foi capaz de predizer a ingestão de energia metabolizável e com base em consumo fixo de 25 e 27 g/ave/dia foi feito o exercício, para corrigir a concentração de energia da ração em situações em que o consumo varia. Dentre as aplicações práticas desta simulação, destaca-se a possibilidade de utilizar rações com concentrações diferentes no decorrer dos dez meses de produção, buscado atender as necessidades para manutenção do peso corporal, ganho de peso e produção de massa de ovo. A opção pelo número de rações a serem utilizadas, será mais uma vez uma decisão *in locu* considerando a logística de cada granja.

Muito embora não foi feito o exercício de corrigir o peso corporal das aves na Tabela 6, aqui exemplifica-se, considerando que o peso corporal meta seja 180 g e as aves estão apresentando 195 g, consumo de ração de 27 g/ave/dia, para o período de 30 dias. No modelo o GP foi considerado negativo, conforme a fórmula, com correção:

Sem correção: $IEM = 135,12 \times 0,195^{0,67} + 5,25 \times 0,5 + 3,1 \times 10 = 78,8$
kcal/ave/dia; 2919 kcal/kg

Com correção: $IEM = 135,12 \times 0,195^{0,67} - 5,25 \times 0,5 + 3,1 \times 10 = 73,6$
kcal/ave/dia; 2725 kcal/kg

Aplicando o modelo é possível corrigir o peso corporal por meio da redução de 194 kcal/kg. Esta demonstração tem finalidade didática e esta prática deve ser analisada *in locu*, pois a efetividade é dependente da reserva corporal que aves apresentam. Desta forma, os autores fornecem uma ferramenta para que produtores utilizem para corrigir o fornecimento de energia as aves dentro das condições em que se encontram.

Agradecimentos

À Vicami, à Granja Loureiro pelo apoio na Pesquisa, ao programa de primeiros projetos da Pro-reitoria de pesquisa, pelo suporte financeiro e a PEC-PG pela bolsa de estudo concedida.

Referências

- BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: Jan 2015. 2006.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 18th edn. **Association of Official Analytical Chemists**; Arlington, VA, USA: 2005.
- AGBOOLA, A.F.; OMIDIWURA, B.R.O.; OLOGBOSERE, E.Y.; LYAYI, E.A. Determination of crude protein and metabolisable energy of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during laying period. **Journal of World's Poultry Research**, v.6, p.131-138, 2016.
- BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O.; UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; COIMBARA, J.S.R.; ROJAS, E.E.G.; FREITAS, J.F.; REIS, R.S. Níveis de energia metabolizável para codornas japonesas na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.79-85, 2007a.
- BARRETO, S.L.T.; QUIRINO, B.J.S.; BRITO, C.O.; UMIGI, R.T.; ARAUJO, M.S.; ROCHA, T.C.; PEREIRA, C.G. Efeito dos níveis nutricionais de energia sobre o desempenho e qualidade de ovos de codornas européias na fase inicial de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.86-93. 2007b.
- BEGIN, J.J. A comparison of the ability of the Japanese quail and light breed chicken to metabolizable and utilize energy. **Poultry Science**, v.47, p.1278-1281, 1968.
- BELO, M.T.S.; COTTA, J.T.B.; OLIVEIRA, A.I.G. Níveis de energia metabolizável em rações de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) na fase inicial de postura. **Ciência e Agrotecnologia**, v.24, p.782-793, 2000.
- CHWALIBOG, A. Factorial estimation of energy requirements for egg production. **Poultry Science**; v.71, p.509-515, 1992.
- DODDS, P.S.; ROTHMAN, D.H. e WEITZ, J.S. Re-examination of the “3/4-law”: of Metabolism. **Journal of Theoretical Biology**,; v.209, p.9-27, 2001.

- EMMANS, G.C. Effective energy: a concept of energy utilization applied across species. **British Journal of Nutrition**, v.71, p.801-821, 1994.
- FISHER, C.; MORRIS, T.R.; JENNINGS, R.C. A model for the description and prediction of the response of laying hens to amino acid intake. **British Poultry Science**; v.14, p.469-484, 1973.
- FREITAS, A.C.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R.; SUCUPIRA, F.S.; OLIVEIRA, B.C.M. Efeito de níveis de proteína bruta e de energia metabolizável sobre o desempenho de codornas de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.838-846, 2005.
- HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M.; CASTRO, R.A.S. Efecto de los niveles de energía metabolizable y proteína sobre el desempeño zootécnico de codornices en postura. **Ciencia y Agricultura**, v.11, p.9-16, 2014.
- HURTADO, N.V.L.; TORRES, N.D.M.; DAZA, G.M.F. Efectos de la proteína bruta y energía metabolizable sobre la calidad del huevo de codorniz. **Orinoquia**, v.19, p. 195-202, 2015.
- JORDÃO, F.J.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; KAZUE, S.N.; SILVA, C.T., CHAGAS, N.A. Prediction equations to estimate the demand of energy and crude protein for maintenance, gain and egg production for laying Japanese quails. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2011.
- LOPES, I.R.V.; FUENTES, M.F.F.; FREITAS, E.R. Efeito da densidade de alojamento e do nível de energia metabolizável da ração sobre o desempenho zootécnico e características dos ovos de codornas japonesas, **Revista Ciência Agronômica**, v.37, p. 369-375, 2006.
- LUITING P. Genetic variation of energy partitioning in laying hens: causes of variation in residual feed consumption. **World's Poultry Science Journal**, v.46, p.133-152, 1990.
- MINVIELLE F: The future of Japanese quail for research and production. **World's Poultry Science Journal**, 2004.
- MOURA, G.S.; BARRETO, S.L.T.; DONZELE, J.L.; HOSODA, L.R.; PENA, G.M.; ANGELINI, M.S. Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo

- constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 1628-1633, 2008.
- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; JÚNIOR, J.G.V. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.1761-1770, 2002.
- RABELLO C.B.; SAKOMURA N.K.; LONGO F.A.; COUTO, H.P.; PACHECO, C.R.; FERNANDES, J.B. Modelling energy utilisation in broiler breeder hens. **British Poultry Science**, v.47, p.622-631, 2006.
- SAS Institute. 2010. SAS Proprietary Software Release 9.2. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- RIVERA, T.V.; NOBLET J.; DUBOIS, S.; VAN, M.J. Energy partitioning in male growing turkeys. **Poultry Science**, v.89, p.530-538, 2010.
- SAKOMURA, N.K. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, 2004; 6:1–11. 10.1590/S1516-635X2004000100001.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. v. 1. 262p.
- SILVA JÚNIOR, P. R. Codorna - Efeito ambiental e nutricional para aumento da produtividade. **Anais...**, 13º Congresso APA de Produção e Comercialização de Ovos. Anais... Ribeirão Preto: Associação Paulista de Avicultura, 2015, p.1-6.
- SILVA, E.P.; MALHEIROS, E.B.; SAKOMURA, N.K.; VENTURINI, K.S.; DORIGAN, J.C.P.; FERNANDES, J.B.K. Lysine requirements of laying hens. **Livestock Science**, v.173, p. 69–77, 2015a.
- SILVA, E.P.; SAKOMURA, N.K. HAUSCHILD, L.; GOUS, R.M. Modelo de Reading para estimar a ingestão ótima econômica de aminoácidos para aves. **Ciência Rural**, v.45, p.450-457, 2015b.

- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. **Tabela para codornas japonesas e européias**. 2.ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2009. 110p.
- ST-PIERRE, N.R. Reassessment of Biases in Predicted Nitrogen Flows to the Duodenum by NRC 2001. **Journal of Dairy Science**, v.86; n.1, p.344-50. 2003.
- ZANCANELA, V.; MARCATO, S.M.; FURLAN, A.C.; GRIESE, D.O.; TON, A.P.S.; BATISTA, E.; PERINE, T.P.; VESCO, A.P.; POZZA, P.C. Models for predicting energy requirements in meat quail, **Livestock Science**, v.171, p.12–19, 2015.