

Exigência de metionina + cistina digestível para codornas japonesas em fase de postura

Requirement of digestible methionine + cystine in Japanese quails during the laying phase

Taynara Prestes Perine Moretto Rodrigues¹ , Daiane de Oliveira Grieser² , Paulo Cesar Pozza¹ , Caroline Espejo Stanquevis¹ , Eline Maria Finco¹ , Mariani Ireni Benites¹ , Taciana de Oliveira Bruxel¹ , Simara Márcia Marcato¹ 

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, Paraná, Brasil

²Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), Xinguara, Pará, Brasil

*Autor correspondente: taynara.perine@live.com

Resumo

Foi desenvolvido um experimento com codornas japonesas na fase inicial de postura, de 43 a 168 dias de idade, com o objetivo de determinar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para este período. Foram utilizadas 375 codornas, sendo 15 aves por unidade experimental. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) totalizando 5 tratamentos (0,60; 0,75; 0,90; 1,05 e 1,20 % de metionina + cistina digestível) com 5 repetições cada. As variáveis de desempenho avaliadas foram, consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), peso do ovo (g), taxa de postura (%), produção de massa de ovos (g ovos.ave. dia⁻¹), conversão alimentar por massa e dúzia de ovos (g.g⁻¹ de ovos, g.dz⁻¹ de ovos), viabilidade (%) e a composição química corporal (%). As variáveis de qualidade dos ovos foram, percentagem do componente (gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo), gravidade específica (g mL⁻¹), unidade Haugh, índice de gema e peso da casca por superfície de área. Foi encontrado efeito quadrático sobre as variáveis de desempenho avaliadas (P<0,05), exceto para idade ao primeiro ovo e viabilidade que apresentaram efeito linear. Em relação à qualidade dos ovos, não foi observado efeito significativo sobre as variáveis testadas (P>0,05). A recomendação nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas na fase de postura é de 0,90% a partir do ponto de máxima obtido para as variáveis massa de ovos, peso de ovos e taxa de postura, correspondendo ao consumo diário de 241,54 mg de metionina + cistina digestível / dia, respectivamente.

Palavras-chave: composição corporal; massa de ovos; peso do ovo; qualidade de ovos.

Abstract

An experiment was carried out with Japanese quails in the initial laying phase, from 43 to 168 days of age, to determine the nutritional requirement of digestible methionine + cystine for this period. 375 quails were used, being fifteen quails used per experimental unit. A total of 5 treatments (0.60, 0.75, 0.90, 1.05 and 1.20% digestible methionine + cystine) were used in a completely randomized design with 5 replicates each. The performance parameters evaluated were feed intake (g / bird), body weight (g), egg weight (g), laying rate (%), egg mass (g eggs.bird.day⁻¹), feed conversion by mass and dozen eggs (g.g⁻¹ of eggs, g.dz⁻¹ of eggs), viability (%) and the body chemical composition (%). The egg quality parameters were: % of component (yolk, albumen and shell relative to egg weight), specific gravity (g mL⁻¹), Haugh unit, yolk index, shell weight per surface area and thickness of the shell (mm). Quadratic effect was found on the performance parameters evaluated (P<0.05), except for age at first egg and viability with linear effect. Regarding egg quality, no significant effect was observed on the variables tested (P>0.05). The nutritional recommendation of digestible methionine + cystine for Japanese quails at laying phase is 0.90% from the maximum point obtained for the egg mass, egg weight and laying rate, corresponding to daily intake of 241.54 mg of digestible methionine + cystine / day, respectively.

Keywords: body composition; egg mass; egg quality; egg weight.

1. Introdução

Os aminoácidos têm papéis importantes como componentes das proteínas, participam de diversos processos metabólicos e são essenciais para o desenvolvimento animal e manutenção dos processos biológicos⁽¹⁾. A ordem dos aminoácidos essenciais limitantes nas dietas de aves tem sido estudada há várias décadas. Segundo D'Mello⁽²⁾, os primeiros aminoácidos

limitantes para a maioria das dietas de aves são os aminoácidos sulfurados (metionina e cistina), seguidos da lisina e da treonina.

A metionina é o primeiro aminoácido limitante na dieta, pois os principais ingredientes da ração, milho e farelo de soja, não conseguem suprir as necessidades de manutenção e crescimento dessas aves⁽³⁾. Portanto, adicionar pequenas quantidades de aminoácidos

Recebido: 18 de abril de 2022. Aceito: 13 de dezembro de 2022. Publicado: 10 de janeiro de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

limitantes aumenta significativamente a qualidade da proteína dietética. A cisteína está presente nos ingredientes, bem como em outros aminoácidos e é sintetizada no corpo do animal a partir da metionina; assim, é classificado como um aminoácido não essencial⁽³⁾.

Ambos estão envolvidos em uma série de vias biossintéticas, gerando intermediários do ciclo do ácido cítrico e atuando na formação da glutatona peroxidase, que é o sistema antioxidante mais importante do organismo⁽²⁾. A cisteína também participa da estrutura de muitas proteínas, como insulina, imunoglobulinas e queratina, interconectando cadeias polipeptídicas por pontes dissulfeto⁽³⁾. Tem a função de estimular o sistema hematopoiético, promovendo a formação de glóbulos brancos e vermelhos. Além disso, quando metabolizada, a cisteína fornece ácido sulfúrico, que reage com outras substâncias para ajudar a desintoxicar o organismo e contribui para o processo de cicatrização e fortalecimento do tecido conjuntivo⁽⁴⁾.

Esses aminoácidos são normalmente suplementados na dieta das aves pela adição do aminoácido sintético DL-metionina, que é um precursor metabólico da cistina. Ao contrário da maioria dos aminoácidos produzidos comercialmente por fermentação, a metionina cristalina é produzida por síntese química. Isso tem uma implicação biológica importante porque a fermentação produz apenas o isômero L, enquanto a síntese química produz uma mistura racêmica dos isômeros D e L⁽⁵⁾.

No entanto, ainda há informações insuficientes sobre as exigências nutricionais de codornas; portanto, pesquisas sobre programas específicos de nutrição e alimentação para cada estágio de desenvolvimento de codornas são extremamente necessárias. Os relatórios desses estudos permitirão otimizar o potencial produtivo dessa espécie, que vem ganhando importância devido à sua prolífica capacidade de produção de ovos, alta taxa de crescimento e resistência a doenças.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a exigência nutricional de metionina + cistina digestível para codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em fase inicial de postura, de 43 a 168 dias de idade, para máximo desempenho e qualidade dos ovos.

2. Materiais e métodos

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética e Biossegurança da Universidade Estadual de Maringá (Protocolo nº 9195040417).

2.1 Animais, dieta e delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos em Maringá, Paraná, Brasil (Latitude: 23 o 25' 38" Sul, Longitude: 51 o 56' 15" Oeste) de julho a dezembro de 2015. O período

experimental foi baseado na idade das codornas (de 43 a 168 dias). No entanto, para análise estatística, os parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos foram avaliados a partir do 64º dia de vida (dividido em cinco ciclos de 21 dias cada), momento em que a produção de ovos se torna homogênea.

Aves com um dia de idade, adquiridas em estabelecimento comercial (Vicami – Assis-SP, Brasil), foram criadas até os 42 dias de idade em galpão convencional. Nessa fase, receberam ração formulada para atender às exigências propostas por Rostagno et al.⁽⁶⁾ para codornas japonesas em fase de crescimento. No 43º dia, essas aves foram transferidas para um galpão de postura convencional com telhado, piso e paredes laterais de alvenaria (altura 0,50 m), com tela de arame até o teto, cortinas laterais, bebedouros tipo niple e cocho -tipo calhas em gaiolas de arame galvanizado.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (0,60%, 0,75%, 0,90%, 1,05% e 1,20% metionina + cistina) com cinco repetições para cada tratamento. Foram utilizadas 15 codornas fêmeas por unidade experimental (gaiola), totalizando 375 aves.

Na formulação da ração experimental, foram considerados os valores de composição química dos ingredientes propostos por Rostagno et al.⁽⁶⁾ com exceção dos valores de milho e farelo de soja, que foram previamente determinados em laboratório especializado (Evonik Degussa Brasil Ltda.) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição centesimal das rações experimentais para codornas japonesas na fase de postura

Ingredientes	Metionina + Cistina digestível (%)				
	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20
Milho grão	58,00	58,00	58,00	58,00	58,00
Farelo de soja 45%	30,28	30,28	30,28	30,28	30,28
Ácido Glutâmico	0,64	0,48	0,32	0,16	0,00
Óleo de Soja	1,35	1,32	1,29	1,26	1,23
Inerte ¹	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67
Fosfato monocalcico	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Calcário calcítico	6,95	6,95	6,95	6,95	6,95
Suplemento vit/min ²	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
L-Lisina HCl	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
DL-Metionina	0,09	0,24	0,39	0,54	0,69
L-Treonina	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
L-Triptofano	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Antioxidante ³	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total (kg)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹Inerte: areia. ²Suplementação vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg de ração): Vit. A – 1.000.000 UI; Vit. D3 – 300.000 UI; Vit E – 2.000 UI; Vit. B1 – 250 mg; Vit. B2 – 600 mg; Vit. B6 – 500 mg; Vit. B12 – 2.000 mcg; Vit. K3 – 300 mg; Pantotenato de Cálcio – 1.200 mg; Niacina – 2.4000 mg; Ácido fólico – 100 mg; Biotina – 20 mg; Colina – 30 g C; Zinco – 5 g; Ferro – 5 g; Manganês – 6 g; Cobre – 1.200 mg; Iodo – 100 mg; Cobalto – 20 mg; Selênio – 25,2 mg. ³BHT (Butil Hidroxi Tolueno)

As rações foram formuladas para atender aos requisitos propostos por Rostagno et al.⁽⁶⁾ para codornas japonesas em fase de postura, exceto quanto ao teor de metionina + cistina (Tabela 2).

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

Nutrientes	Metionina + Cistina digestível (%)				
	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20
EM ¹ (kcal kg ⁻¹)	2800	2800	2800	2800	2800
Proteína bruta (%)	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8
Cálcio (%)	2,92	2,92	2,92	2,92	2,92
Fósforo disponível (%)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Lisina digestível (%)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
Treonina digestível (%)	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Sódio (%)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Cloro (%)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Potássio (%)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
BED ² (mEq kg ⁻¹)	166,85	166,85	166,85	166,85	166,85

*Valores calculados; ¹Energia Metabolizável; ²Balço eletrolítico da dieta, sendo calculado de acordo com Mogin (1981): BED = (mg/kg de Na⁺ da ração/22,990) + (mg/kg de K⁺ da ração/39,102) - (mg/kg de Cl⁻ da ração/35,453)

As rações também foram formuladas com milho e farelo de soja para se tornarem isocalóricas, isofosfóricas, isoenergéticas e isoaminoácidas, exceto para metionina + cistina digestível. Os diferentes níveis de metionina + cistina digestíveis da ração foram ajustados variando-se as quantidades de DL-metionina (99%), ácido glutâmico, óleo de soja e inerte (areia). As quantidades dos demais ingredientes não variaram entre os cinco tratamentos. Para o cálculo do balanço eletrolítico das rações experimentais (170 mEq/kg) foi considerado o peso molecular de cada elemento químico, conforme Mongin⁽⁷⁾.

As temperaturas mínima e máxima (18,61 °C e 28,92 °C) e a umidade relativa do ar (61,18% e 88,01%, respectivamente) foram registradas no período da manhã por meio de termômetros de bulbo seco de máxima e mínima. Esses termômetros foram localizados na altura das aves e em dois pontos do galpão. O programa de luz utilizado a partir do 43º dia iniciou com 14 horas de luz. Aos poucos, foram adicionados 30 minutos de luz semanalmente até obter um ciclo de luz de 17 horas de luz natural + artificial. Isso foi controlado com o auxílio de um cronômetro; foi utilizada uma intensidade luminosa de 21 lux.

2.2. Parâmetros de desempenho

Para avaliação do desempenho zootécnico, as aves foram pesadas ao final de cada ciclo de produção e,

simultaneamente, foram realizadas as pesagens das rações experimentais fornecidas e sobras para determinação do consumo de ração (g/ave), peso corporal (g), conversão alimentar por massa de ovos (g.g⁻¹de ovos), conversão alimentar por dúzia de ovos (g.dz⁻¹de ovos) e viabilidade (%).

Os ovos foram coletados diariamente, às 8hrs a fim de se calcular a taxa de postura (%) e a produção de massa de ovos (g ovos.ave.dia⁻¹), contabilizando todos os ovos produzidos.

• Conversão alimentar por massa de ovos (g.g⁻¹ de ovos):

$$\text{CAMO (g.g}^{-1} \text{ de ovos)} = \frac{\text{consumo diário de ração (g)}}{\text{massa de ovos(g ovos.dia}^{-1})}$$

• Conversão alimentar por dúzia de ovos (g.dz⁻¹ de ovos):

$$\text{CADz (g.dz}^{-1} \text{ de ovos)} = \frac{\text{consumo diário de ração(g)}}{\text{dúzia de ovos(dz ovos.dia}^{-1})}$$

• Viabilidade (%):

$$\text{Viab(\%)} = \frac{\text{número de aves no final do período experimental}}{\text{número de aves no início do período experimental}} \cdot 100$$

• Taxa de Postura (%):

$$\text{Tx Post(\%)} = \frac{\text{número de ovos}}{\text{número de aves}} \cdot 100$$

• Massa de Ovos (g ovos.ave.dia⁻¹):

$$\text{MO(g ovos.ave.dia}^{-1}) = \frac{\text{taxa de postura (\%)}}{100} \cdot \text{peso dos ovos (g)}$$

2.3. Composição química corporal

Para a determinação da composição química corporal, foram selecionadas duas aves com 168 dias de idade de acordo com o peso médio (\pm 5%) utilizando a metodologia descrita por Sakomura e Rostagno⁽¹⁾. As aves selecionadas foram submetidas a jejum de 5 horas e então sacrificadas por dessensibilização intravenosa com barbitúrico tiopental (100 mg/kg) seguida de deslocamento cervical.

Após o abate, foram congelados e posteriormente moídos em um moedor de carne industrial. As amostras foram então homogeneizadas, pesadas e colocadas em estufa de ventilação forçada a 55°C para pré-secagem. Após 72 horas, as amostras foram retiradas do forno e pesadas novamente. Após a pré-secagem, as amostras foram trituradas em moinho tipo faca e levadas ao laboratório para determinação de matéria seca (MS - processo n° 925,09), matéria mineral (MM - processo n° 923,03), proteína bruta (CP - procedimento n° 920,87) e gordura (CF procedimento - n° 920,85), de acordo com as metodologias descritas pela AOAC⁽⁸⁾.

Para determinar a taxa de deposição de proteína e

gordura corporal (FDR) (g.dia⁻¹), duas codornas foram abatidas aos 43 dias de idade para análise comparativa da composição química corporal das aves aos 168 dias. A quantidade de proteína/gordura na carcaça final (g) foi determinada subtraindo-se a quantidade de proteína/gordura na carcaça inicial (g), dividida pelo período experimental (dias), conforme descrito por Fraga⁽⁹⁾. Para obter a energia retida na carcaça (ERC), foi utilizada a equação descrita por Sakomura⁽¹⁰⁾; a equação foi baseada nos valores energéticos da proteína (5,66 Kcal/g) e da gordura (9,37 Kcal/g).

2.4. Qualidade de ovos

Nos três últimos dias de cada ciclo, todos os ovos foram devidamente identificados, pesados individualmente em balança de precisão digital (0,01g) e selecionados três ovos dentro do peso médio ($\pm 10\%$) da unidade experimental, para realização das análises de qualidade interna e externa. Foi realizada a análise de gravidade específica, com todos os ovos coletados, através da imersão dos mesmos em diferentes concentrações de solução salina, ajustando a densidade por meio de um densímetro de Baumé variando 0,005 g.mL⁻¹ desde 1,060 a 1,085 g.mL⁻¹; de acordo com a metodologia descrita por Hamilton⁽¹¹⁾.

Para as demais análises, foram utilizados os três ovos/ repetição, previamente selecionados. Estes ovos foram seccionados na porção equatorial com tesoura cirúrgica e o conteúdo interno disposto numa superfície de vidro para realização das medidas de altura (mm) e diâmetro (mm) da gema e do albúmen (denso), com auxílio de paquímetro digital (marca Digimess, com precisão de 0,02mm). Após a realização das medidas, a gema e o albúmen foram separados para a pesagem da gema em balança de precisão. O peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso do ovo, os pesos da gema e da casca. A partir dos dados coletados, foi possível determinar os seguintes índices de avaliação da qualidade interna e externas dos ovos, entre outros.

- Índice de gema:

$$\text{Índ. Gema} = \frac{\text{altura da gema (mm)}}{\text{diâmetro da gema (mm)}}$$

- Unidade Haugh, de acordo com Haugh⁽¹²⁾:

$$\text{Unid Haugh} = 100 \log(A - (1,7 \cdot \text{PO}^{0,37}) + 7,57)$$

Sendo que, A = altura do albúmen e PO = peso do ovo.

- % do componente (% de gema, albúmen e casca em relação ao peso do ovo):

$$\% \text{ do componente} = \frac{\text{peso do componente (g)}}{\text{peso do ovo (g)}} \cdot 100$$

- Peso da casca por unidade de superfície de área (PCSA), fórmula adaptada de Rodrigues et al.⁽¹³⁾:

$$\text{PCSA} = \frac{\text{PC}}{3,9782 \cdot \text{PO}^{0,7956}} \cdot 100$$

Sendo que, PC = peso da casca (g) e PO = peso do ovo (g)

2.5. Análise estatística

A análise estatística dos dados foi realizada por meio do ambiente estatístico R (R Core Team, 2013)⁽¹⁴⁾. Para o teste de efeitos ($P < 0,05$), adotou-se o modelo descrito a seguir e verificou-se a suposição de normalidade dos resíduos. Um efeito significativo dos fatores ($P < 0,05$) foi determinado pela análise de regressão polinomial dos níveis de metionina + cistina digestível, com o objetivo de estimar o modelo de melhor ajuste dos dados, de acordo com Montgomery⁽¹⁵⁾. As estimativas do melhor nível de metionina + cistina para cada variável significativa foram obtidas por meio do modelo quadrático, conforme proposto por Sakomura e Rostagno⁽¹⁾.

3. Resultados

As variáveis peso médio das aves, consumo diário de ração, peso dos ovos, massa dos ovos, taxa de postura, conversão alimentar por massa de ovos e conversão alimentar por dúzia de ovos apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), sendo possível estimar 0,90%, 0,90%, 0,88% e 0,89% de metionina + cistina digestíveis na dieta, respectivamente (Tabela 3).

No entanto, tanto a idade do primeiro ovo quanto a viabilidade diminuíram linearmente ($P < 0,05$) dentro da faixa dos níveis testados. Portanto, não foi possível estimar o nível ótimo para essas variáveis. As variáveis de composição química e deposição corporal avaliadas na fase de postura foram: gordura bruta na carcaça, taxa de deposição de gordura e ERC. Estes mostraram um efeito de aumento linear ($P < 0,05$) em resposta ao aumento do nível de metionina + cistina na ração. As demais variáveis relacionadas não apresentaram efeito significativo (Tabela 4).

Com relação aos parâmetros de qualidade interna e externa do ovo, não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) para a suplementação de metionina + cistina (Tabela 5).

4. Discussão

De acordo com as recomendações do NRC⁽¹⁶⁾, as codornas japonesas devem consumir 0,70% de metionina + cistina total, 1,00% de lisina total, 20% de proteína bruta e 2.900 Kcal EM/kg durante a fase de postura. No entanto, pesquisas sugerem que níveis de metionina

Tabela 3. Desempenho médio de codornas japonesas na fase de postura (8 a 24 semanas) em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
PM (g)	177,67	170,18	171,91	170,33	172,59	0,62
CRD (g ave dia ⁻¹)	27,00	26,81	27,17	26,88	28,61	0,16
PO (g)	10,42	10,88	11,10	10,92	10,46	0,06
MO (g ave dia ⁻¹)	8,58	9,56	9,88	9,92	8,50	0,14
TXP (%)	82,31	87,81	88,97	90,85	81,30	0,97
CMO (g g de ovos ⁻¹)	3,15	2,81	2,75	2,71	3,37	0,06
CDZ (g dz de ovos ⁻¹)	0,47	0,40	0,40	0,40	0,49	0,01
IPO (dias)	54,20	55,00	56,00	56,00	56,00	0,22
VI (%)	98,33	97,33	100,00	91,55	95,40	0,77
Equações de Regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCd (%)
PM = 218,1332 - 9,8998 M+C + 51,8414 M+C ²				<0,001 (Q)	0,66	0,96
CRD = 33,0591 - 16,0272 M+C + 10,127 M+C ²				<0,001 (Q)	0,57	0,79
PO = 5,2285 + 12,9278 M+C - 7,1429 M+C ²				<0,001 (Q)	0,89	0,90
MO = -3,1735 + 29,16457 M+C - 16,127 M+C ²				<0,001 (Q)	0,74	0,90
TXP = 14,253 + 168,6322 M+C - 93,3016 M+C ²				0,001 (Q)	0,55	0,90
CMO = 7,608 - 11,204 M+C + 6,3556 M+C ²				<0,001 (Q)	0,75	0,88
CDZ = 1,18629 - 1,7971 M+C + 1,0095 M+C ²				<0,001 (Q)	0,81	0,89
IPO = 52,6800 + 3,0667 M+C				0,001 (L)	0,38	-

M+C: metionina + cistina digestível; PM: peso médio da ave; CRD: consumo de ração diário; PO: peso do ovo; MO: massa de ovos; TXP: taxa de postura; CMO: conversão alimentar por massa de ovos; CDZ: conversão alimentar por dúzia de ovos; IPO: idade ao primeiro ovo; VI: viabilidade; EP: erro padrão; Q: efeito quadrático; L: efeito linear.

Tabela 4. Composição química corporal¹ e deposição de proteína/gordura em codornas japonesas na fase de postura (8 a 24 semanas) em função dos níveis de metionina + cistina na ração.

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
PB (%)	55,32	59,47	57,62	54,65	56,43	0,625
GB (%)	17,76	18,79	20,17	21,39	22,47	0,452
MM (%)	10,11	10,67	10,71	10,66	10,17	0,114
TDP (g d ⁻¹)	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,003
TDG (g d ⁻¹)	0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,003
ERC (kcal g ⁻¹)	0,26	0,28	0,37	0,47	0,54	0,036
Equações de Regressão				Valor de P	R ²	Estimativas MCd (%)
GB = 12,9136 + 8,0026 M+C				<0,001 (L)	0,59	-
TDG = - 0,0176 + 0,0453 M+C				<0,001 (L)	0,59	-
ERC = - 0,0664 + 0,5026 M+C				0,0418 (L)	0,36	-

¹ Dados apresentados em valores de matéria seca. M+C: metionina + cistina digestível; PB: proteína bruta; GB: gordura bruta; MM: matéria mineral; TDP: taxa de deposição de proteína; TDG: taxa de deposição de gordura; ERC: energia retida na carcaça; EP: erro padrão; L: efeito linear.

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas japonesas em função dos níveis de metionina + cistina digestível

M+C (%)	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	EP
Albúmen (%)	61,80	62,06	62,52	61,87	62,19	0,07
Casca (%)	7,46	7,62	7,31	7,38	7,44	0,03
Gema (%)	30,34	30,38	30,10	30,77	30,41	0,08
GE (g ml ⁻¹)	1,08	1,07	1,07	1,08	1,08	0,01
IG	0,47	0,48	0,48	0,48	0,47	0,01
PCSA (g/cm ²)	3,74	3,87	3,73	3,75	3,73	0,01
UH	94,14	92,85	93,30	93,55	93,16	0,17

M+C: metionina + cistina digestível; GE: gravidade específica; IG: índice de gema; PCSA: peso da casca por superfície de área; UH: Unidade Haugh; EP: erro padrão; Q: efeito quadrático; L: efeito linear.

acima das recomendações do NRC⁽¹⁶⁾ podem resultar em melhor desempenho^(4, 6, 17). A composição genética das aves utilizadas neste experimento é proveniente da região Sudeste do Brasil. Esta região é responsável pela maior produção de codornas (63,1%) e produção de ovos (66,1%) do território nacional⁽³²⁾. Essas aves apresentaram peso médio de 173 g na fase de postura com pico de produção de massa de ovos de 9,92 g.ave.dia⁻¹. Assim, a exigência nutricional estimada para codornas de 177 g (peso médio) foi de 0,90% metionina + cistina digestível, conforme recomendado por Rostagno et al.⁽⁶⁾.

As Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, Rostagno et al.⁽⁶⁾ recomendam 0,888%, 0,900% e 0,857% de metionina + cistina digestíveis para aves com peso de 165 g, 177 g e 189 g, respectivamente. Porém, segundo dados de melhoramento genético divulgados pela Universidade Federal de Viçosa, as codornas utilizadas para determinação das estimativas apresentadas nas tabelas de Rostagno et al.⁽¹⁷⁾ apresentaram pesos médios superiores (190 g, 200 g e 210 g) com um conseqüente maior requerimento de metionina + cistina digestível (0,942%, 0,908% e 0,869%, respectivamente). Esses resultados são apresentados em comparação com os resultados da publicação anterior.

Sabe-se que aves maiores não são sinônimo de aves mais produtivas. Conforme pode ser observado nas tabelas de Rostagno et al.⁽¹⁷⁾, aves com peso médio de 190 g apresentaram maior massa de ovos (11 g/dia) do que aves com peso de 200 g (10 g/dia) e 210 g (9 g/dia). Segundo Costa et al.⁽¹⁸⁾, a partir do melhoramento genético das galinhas poedeiras, elas estão se tornando menores e mais produtivas, pois convertem com eficiência a ração em um alimento extremamente rico e funcional, o ovo. Este é um avanço importante e fundamental para a criação de codornas no Brasil, que ainda não possui material genético bem definido. Portanto, as recomendações são bastante controversas quanto aos níveis nutricionais e estágios de desenvolvimento⁽¹⁹⁾.

Outro fator importante que deve ser avaliado ao comparar os resultados de vários estudos é o nível de proteína bruta da ração. Segundo Rostagno et al.⁽¹⁷⁾, a proteína bruta deve ser adicionada à ração para evitar que as aves utilizem o nitrogênio derivado dos aminoácidos essenciais para a síntese de aminoácidos não essenciais, o que pode prejudicar o desempenho animal. Essas rações experimentais foram formuladas com 18,8% de proteína bruta e 1,09% de lisina digestível, conforme recomendado por Rostagno et al.⁽⁶⁾. Porém, em outro estudo observado na literatura⁽²⁰⁾, valores variando de 16,0 a 21,5% de proteína bruta e 0,9 a 1,4% de lisina digestível, gerando diferentes recomendações para os demais aminoácidos essenciais devido à íntima relação destes no metabolismo de proteínas. Além disso, à medida que o teor de proteína é reduzido, o nitrogênio não

essencial pode se tornar um fator limitante na alimentação⁽¹⁷⁾.

Em relação à influência da metionina na produção de ovos, alguns autores afirmam que a metionina é o aminoácido que inicia a síntese de proteínas e uma de suas principais funções é atuar na produção de ovos, influenciando o peso e a taxa de postura^(18, 19). Segundo Harms⁽²¹⁾, a metionina é um aminoácido importante no controle do peso do ovo, pois as galinhas consomem energia para sustentar o número de ovos. No entanto, o peso dos ovos depende dos níveis de aminoácidos da dieta.

Considerando a importância da metionina na produção de ovos e o fato de que a massa do ovo é obtida a partir da relação entre a taxa de postura e o peso do ovo, o nível de metionina + cistina necessário para obter um pico (MO, TXP e PO) foi o mesmo (0,90%). Isso confirma a importância dessas variáveis na estimativa da quantidade necessária de metionina + cistina digestível para melhor desempenho produtivo. Algumas pesquisas mostraram que os níveis de proteína e aminoácidos nas rações de pico de produção influenciam o tamanho do ovo^(22, 23). Assim, aumentar os níveis de metionina em relação à lisina em rações com níveis adequados dos demais aminoácidos essenciais é uma ferramenta viável e comumente utilizada que proporciona maior produção de ovos.

Reis et al.⁽⁴⁾ e Costa et al.⁽¹⁸⁾ também observaram efeito quadrático para massa de ovos, obtendo pico de produção no nível de 0,840% e 0,666% de metionina + cistina digestível na dieta, respectivamente. Entretanto, para Garcia et al.⁽²⁴⁾, não houve efeito significativo dos níveis de metionina sobre essa variável. A massa de ovos relacionada ao consumo de ração, rendeu uma estimativa de 0,88% de metionina + cistina digestível para conversão alimentar por massa de ovos. Segundo Togashi et al.⁽²⁵⁾, a suplementação com metionina em dietas para satisfazer a exigência de metionina + cistina digestível, favorece a conversão alimentar devido ao balanço de aminoácidos nas dietas. Isso promove o melhor aproveitamento dos nutrientes e conseqüentemente melhora sua conversão em produção de ovos. Dessa mesma variável, Reis et al.⁽⁴⁾ obtiveram a estimativa de 0,82%, enquanto nos estudos de Pinto et al.⁽²⁶⁾, Garcia et al.⁽²⁴⁾ e Scottá et al.⁽²⁰⁾, não foi observado efeito.

Também é importante avaliar a produtividade das aves por dúzia de ovos, pois isso determina sua comercialização. A partir da conversão alimentar (g.dz de ovos⁻¹), obteve-se o ponto máximo ao nível de 0,89% de metionina + cistina na ração, próximo ao encontrado para massa de ovos. No trabalho de Costa et al.⁽¹⁸⁾, ao avaliar a conversão alimentar por dúzia de ovos, o nível de metionina + cistina na dieta foi estimado em 0,683%, mas Garcia et al.⁽²⁴⁾ e Reis et al.⁽⁴⁾ não encontrou efeito significativo para essa variável.

Segundo Neme⁽²⁷⁾, o estudo da composição corporal é importante para a definição das exigências nutricionais, principalmente de deposição de proteína e gordura, pois ajuda a instituir programas de alimentação adequados para promover melhorias na produtividade das aves. Ao avaliar a composição química das carcaças aos 168 dias de idade, observou-se que houve acúmulo de gordura na carcaça correlacionando com o aumento dos teores de metionina + cistina na ração. Isso foi observado porque as variáveis: gordura bruta na carcaça, taxa de deposição de gordura e ERC, apresentaram efeito linear crescente. À medida que a ave envelhece, as exigências de proteína e energia são alteradas devido à composição e taxa de deposição destas no corpo. Porém, a relação proteína e energia da dieta deve ser balanceada para que uma maior deposição de gordura não interfira negativamente no ciclo de produção de ovos.

Apesar da crescente deposição de tecido adiposo, não influenciou negativamente a produção de ovos, pois a exigência de metionina + cistina pode ser estimada de forma consistente a partir dos parâmetros de produção. Segundo Macari et al.⁽²⁸⁾, nas aves, o tecido adiposo pode estar distribuído em depósitos individualizados, como os encontrados na região abdominal ou menos organizados em outros órgãos como músculo, fígado, pele, rins e tecido conjuntivo.

É interessante notar que apesar de influenciar diretamente na deposição de lipídios, a metionina não influenciou na composição proteica da carcaça. Kessler e Snizek⁽²⁹⁾ mostraram que a deposição de proteínas é estritamente controlada pela genética e, portanto, há um limite para sua deposição diária, independentemente de sua ingestão. No entanto, a quantidade de gordura depositada está relacionada à quantidade de nutrientes disponíveis para síntese, independentemente da fonte.

Em relação à qualidade do ovo, Shafer et al.⁽³⁰⁾ afirmaram que os componentes internos do ovo são quase inteiramente proteínas, e a deficiência de proteína resulta em diminuição da qualidade do albúmen, da gema e, conseqüentemente, do tamanho do ovo. Entretanto, não foi possível estimar a exigência de metionina + cistina a partir de parâmetros internos e externos de qualidade do ovo, corroborando os resultados encontrados por Scottá et al.⁽¹⁹⁾.

Segundo Leeson e Summers⁽³¹⁾, os aminoácidos são componentes essenciais dos ovos e constituem as moléculas de proteínas presentes na albumina e na gema. Os mesmos autores apontam que o ovo contém cerca de 12% de proteína bruta, sendo que 55% está presente no albúmen, 42% na gema e 3% na casca. No entanto, essa composição química é bastante estável e difícil de modificar nutricionalmente, pois os constituintes são secretados pelas células epiteliais do oviduto.

5. Conclusão

Em conclusão, codornas japonesas em fase de postura requerem 0,90% de metionina + cistina digestível para máximo desempenho em massa de ovos, peso de ovos e taxa de postura. Isso equivale à relação metionina + cistina: lisina digestível de 0,83 e consumo de 241,54 mg/ave de metionina + cistina digestível/dia.

Conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesses.

Contribuições do autor

Conceituação: T. P. P. M. Rodrigues e S. M. Marcato. *Curadoria dos dados:* T. P. P. M. Rodrigues e D. O. Grieser. *Análise formal:* T. P. P. M. Rodrigues. *Investigação:* T. P. P. M. Rodrigues, C. E. Stanquevis, E. M. Finco, M. I. Benites e T. O. Bruxel. *Metodologia:* T. P. P. M. Rodrigues e S. M. Marcato. *Validação:* D. O. Grieser e P. C. Pozza. *Administração do projeto:* T. P. P. M. Rodrigues. *Recursos:* S. M. Marcato. *Supervisão:* P. C. Pozza e S. M. Marcato. *Redação (esboço original):* T. P. P. M. Rodrigues. *Redação (revisão e edição):* T. P. P. M. Rodrigues.

Referências

1. Sakomura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2nd ed. Funep, Jaboticabal, 2016.
2. D'Mello JPF. Amino acid in farm animal nutrition. 2nd ed. CABI Press, Wallingford; 2003. 526p. Inglês. (https://gtu.ge/Agro-Lib/0834903_04864_d_mello_j_p_f_amino_acids_in_animal_nutrition_2d_edition.pdf)
3. Baker DH. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *Amino acids*. 2009; 37:29-41. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00726-008-0198-3>)
4. Reis RS, Barreto SLT, Gomes PC, Lima HJD, Medina PM, Ferreira F. Relationship of methionine plus cystine with lysine in diets for laying Japanese quails. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40(5):1031-1037. (<https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000500014>)
5. Lewis AJ. Methionine-Cystine relationships in pig nutrition. In: D'Mello JPF. *Amino acids in farm animal nutrition*. 2nd ed., Cabi Press, Wallingford, UK, 2003. p.143-155. Inglês. (https://gtu.ge/Agro-Lib/0834903_04864_d_mello_j_p_f_amino_acids_in_animal_nutrition_2d_edition.pdf)
6. Rostagno HS; Albino LFT.; Donzele JL; Gomes PC; Oliveira RF; Lopes DC; Ferreira AS; Barreto SLT; Euclides RF. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011. 252p. Português. (<https://centrodepesquisasavico-las.files.wordpress.com/2011/02/tabelas-brasileiras-2011.pdf>)
7. Mongin P. Recent advances in dietary anion-cation balance: applications in poultry. *Proceedings of the Nutrition Society*. 1981; 40(3):285-294. (<https://doi.org/10.1079/PNS19810045>)
8. Association of Official Analytical Chemistry – AOAC. *Official methods of analysis*. 21 ed. Washington, DC, 2019. (<https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis-21st-edition-2019/>)
9. Fraga AL, Moreira I, Furlan AC, Bastos AO, Oliveira RP, Murakami AE. Lysine requirement of starting barrows from two genetic groups fed on low crude protein diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2008; 51(1):49-56. (<https://doi.org/>)

[10.1590/S1516-89132008000100007](https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000100007))

10. Sakomura NK. Modeling energy utilization in broiler breeders, laying hens and broilers. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2004; 6(1):1-11. (<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2004000100001>)

11. Hamiltom RMG. Methods and factors that affect the measurement off egg shell quality. *Poultry Science*. 1982; 61(10):2002-2039. (<https://doi.org/10.3382/ps.0612022>)

12. Haugh RR. The Haugh Unit for measuring egg quality. *United States Egg and Poultry Magazine*, v.4, p.552, 1937.

13. Rodrigues PB, Bertechini AG, Oliveira BC, Oliveira AIG. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. I. Níveis de fósforo disponível. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 1998; 25(1):248-260. (<http://www.sbz.org.br/revista/artigos/1896.pdf>)

14. R core team. R: A language e environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2013.

15. Montgomery DC. Design and Analysis of Experiments. 8th. Ed. New York: USA. 2012, 752p. (http://www.ru.ac.bd/stat/wp-content/uploads/sites/25/2019/03/502_06_Montgomery-Design-and-analysis-of-experiments-2012.pdf)

16. NRC - National Research Council. Nutrient requirements of poultry. 8th ed. National Academy Press, Washington, DC, 1994. 155p. (<https://nap.nationalacademies.org/catalog/2114/nutrient-requirements-of-poultry-ninth-revised-edition-1994>)

17. Rostagno HS; Albino LFT; Hannas MI; Donzele JL; Sakomura NK; Perazzo FG; Saraiva A; Teiceira ML; Rodrigues PB; Oliveira RF; Barreto SLT; Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4th ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. 488p. Português. (https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4532766/mod_resource/content/1/Rostagno%20et%20al%202017.pdf)

18. Costa FGP, Rodrigues VP, Goulart CC, Vargas Jr JG, Silva JHV, Souza JG. Nutritional requirements of digestible methionine + cystine for Japanese quails in production phase. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2009; 38 (12):2389-2393. (<https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001200014>)

19. Murakami AE, Garcia ERM. Nutrição de Codornas Japonesas. In: Sakomura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. Nutrição de Não Ruminantes. 1st ed. Funep, Jaboticabal, 2014, p. 623-641.

20. Scottá BA, Vargas Jr JG, Petrucci FB, Demuner LF, Costa FGP, Barbosa WA, Marin JFV. Metionina mais cistina digestível e relação metionina mais cistina digestível:lisina para codornas japonesas. *Revista Brasileira Saúde Produção Animal*. 2011. 12(3):729-738.

21. Harms RH, Hinton KL, Russel GB. Energy: methionine ratio and formulating feed for commercial layers. *Journal Applied Poultry Research*. 1999; 8(3):272-279. (<https://doi.org/10.1093/japr/8.3.272>)

[japr/8.3.272](https://doi.org/10.1093/japr/8.3.272))

22. Penz Jr AM, Jensen LS. Influence of protein concentration, amino acid supplementation, and daily time of access to high- or low-protein diets on egg weight and components in laying hens. *Poultry Science*. 1991; 70(12):2460-2466. (<https://doi.org/10.3382/ps.0702460>)

23. Leeson S, Caston LJ. Response of laying hens to diets varying in crude protein or available phosphorus. *Journal of Applied Poultry Research*. 1996; 5(3):289-296. (<https://doi.org/10.1093/japr/5.3.289>)

24. Garcia EA, Mendes AA, Pizzolante CC, Saldanha ESPB, Moreira J, Mori C, Pavan AC. Protein, Methionine + Cystine and Lysine Levels for Japanese Quails During the Production Phase. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2005; 7(1):11-18. (<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2005000100002>)

25. Togashi CK, Fonseca JB, Soares RTRN, Souza CLM. Determinação de níveis de metionina + cistina para poedeiras semipegadas alimentadas com rações contendo levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2002; 31(3):1426-1433. (<https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000600014>)

26. Pinto R, Donzele JL, Ferreira AS, Albino LFT, Soares RTRN, Silva MA, Pereira TA. Exigência de metionina mais cistina para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2003; 32(5):1166-1173. (<https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000500017>)

27. Neme R, Sakomura NK, Fukayama EH, Freitas ER, Fialho FB, Resende KT, Fernandes JBK. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006; 35(3):1091-1100. (<https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000400021>)

28. Macari M; Furlan RL; Gonzales L. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. FUNEP, Jaboticabal, 2008.

29. Kessler AM, Snizek PN. Considerações sobre a quantidade de gordura na carcaça do frango. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, p. 111-159.

30. Shafer DJ, Carey JB, Prochaska JF. Effect of dietary methionine intake on egg component yield and composition. *Poultry Science*. 1996; 75(9):1080-1085. (<https://doi.org/10.3382/ps.0751080>)

31. Leeson S; Summers JD. Commercial Poultry Nutrition. 3rd ed.; Nottingham University Press, 2008. 413p. Inglês. (https://www.agropustaka.id/wp-content/uploads/2020/04/agropustaka_id_buku_Commercial-Poultry-Nutrition-3rd-Edition-by-S.-Leeson-J.-D.-Summers.pdf)

32. IBGE. Produção da pecuária Municipal 2021 [Internet]. Rio de Janeiro, 2021; 49:1-12. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2021_v49_br_informativo.pdf