










Parede celular de levedura em dieta para codornas japonesas na fase de postura em diferentes densidades de criação

Yeast cell wall in the diet of Japanese quails in the laying phase at different stocking densities

Marcílio José Vieira¹ , Jean Kaique Valentim² , Juliano de Souza Amaral¹ , Rithieli Andrade Zopelaro¹ ,
Eduardo Dias da Silva¹ , Michele de Oliveira Mendonça¹ , Luiz Fernando Teixeira Albino² 

1 Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudoeste MG), Rio Pomba, Minas Gerais, Brasil

2 Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

*autor correspondente: kaique.tim@hotmail.com

Resumo: Objetivou-se mensurar o desempenho zootécnico e a qualidade de ovos de codornas japonesas alojadas sob diferentes densidades e alimentadas com rações contendo parede celular de levedura (PCL). Foram utilizadas 576 codornas japonesas (*Coturnix japonica*) com 43 semanas de idade e 76% de postura, com peso inicial de $158,50 \pm 5,41$ g distribuídas em delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3×2 (três níveis de PCL: 0; 500 e 750 g.ton⁻¹ e duas densidades de alojamento: 81,5 e 92,4 cm²/ave), com seis repetições de 17 e 15 codornas por unidade experimental, respectivamente. Foram avaliados: consumo de ração, produção de ovos/ave/dia, produção de ovos/ave alojada, produção de ovos comercializáveis, massa de ovos, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos e viabilidade das aves; peso do ovo, peso específico, porcentagem de gema, de albúmen e de casca e espessura da casca. Não houve interação entre os níveis de inclusão de PCL e densidade de alojamento para os parâmetros avaliados, exceto para peso do ovo. Codornas alojadas em gaiolas com 92,4 cm²/ave alimentadas com 500 g.ton⁻¹ de PCL apresentaram maior peso do ovo. A espessura de casca foi influenciada de forma independente pela densidade de alojamento, a menor densidade (92,4 cm²/ave) promoveu maior espessura de casca. A inclusão de 500 g.ton⁻¹ de PCL na ração de codornas japonesas alojadas sob densidade de 92,4 cm²/ave melhora o peso dos ovos e a espessura da casca.

Palavra-chave: Coturnicultura; Espessura da casca; Prebióticos; Produção de ovos.

Abstract: The objective was to measure the zootechnical performance and egg quality of Japanese quails housed under different densities and fed diets containing yeast cell wall (YCW). Were distributed 576 quails (*Coturnix coturnix japonica*) at 43 weeks of age and 76% laid, with an initial weight of 158.50 ± 5.41 g in a completely randomized design in a 3×2 factorial arrangement (three YCW levels: 0; 500 and 750 g.ton⁻¹ and two housing densities: 81.5 and 92.4 cm²/quail), with six replicates of 17 and 15 quails per experimental unit, respectively. Were evaluated: feed intake, egg production/bird/day, egg production/housed quail, marketable egg production, egg mass, feed conversion per dozen and per egg mass and viability; egg weight, specific egg weight, percentage of yolk, albumen and shell and shell

Recebido: 01 de agosto, 2023. Aceito: 28 de novembro, 2023. Publicado: 26 de fevereiro, 2024.

thickness. The results, mean of the three cycles of 21 days, were submitted to analysis of variance using the statistical software Sisvar. There was no significant interaction between YCW inclusion levels and cage density for zootechnical performance parameters neither for egg quality, except for egg weight, which suggests that YCW addition, regardless of cage density, did not affect the results. It was observed that quails housed in cages with 92.4 cm²/bird fed with 500 g.ton⁻¹ of YCW had higher egg weight. Shell thickness was independently influenced by cage density, the lowest density (92.4 cm²/bird) promoted greater shell thickness. That the inclusion of 500 g.ton⁻¹ of yeast cell wall in the diet of Japanese quails housed under a density of 92.4 cm²/bird improves egg weight and shell thickness, without negatively affecting the other parameters of egg quality and zootechnical performance.

Keyword: Quail farming; Shell thickness; Prebiotics; Egg production.

1. Introdução

Nos últimos anos, a coturnicultura vem se desenvolvendo em ritmo acelerado destacando-se como importante atividade produtiva do segmento da avicultura nacional⁽¹⁾, alcançando altos níveis de produção, resultado das inovações tecnológicas no setor de produção e mudanças nas áreas de genética, nutrição, ambiência e sanidade⁽²⁾.

Contudo, mesmo nos criatórios mais tecnificados, um dos problemas sanitários mais temidos é o surgimento de Salmonelose no plantel devido principalmente as altas densidades de criação. De acordo com Martins *et al.*⁽³⁾, nos casos em que é possível identificar o agente etiológico envolvido nas toxinfecções, a *Salmonella enteritidis* está presente em cerca de 1/3 destes casos. A *Salmonella enteritidis* é um dos sorovares de maior distribuição no mundo, sendo as aves portadoras assintomáticas e relacionada a infecções crônicas de aves adultas, o que pode reduzir os índices produtivos do plantel e persistir no organismo da ave por inúmeras semanas após a infecção⁽⁴⁾.

Acredita-se que uma importante ferramenta utilizada para reduzir *Salmonella* sp. em aves é aumentar a resistência da mesma através da estimulação do sistema imunológico utilizando prebióticos como beta-glucanos, mananoligossacarídeos⁽⁵⁾, ou então a utilização de produtos de caráter bactericida como ácidos orgânicos de cadeia curta como ácido fumárico, ácido fórmico, ácido propiônico de forma isolada ou associada⁽⁶⁾.

Muitas bactérias gram-positivas, como os Lactobacilos e os *Bifidobacterium*, estão presentes nas excretas das aves, porém não estão necessariamente relacionados a problemas sanitários. Entretanto, a presença frequente de patógenos no ambiente de criação, conforme Marmion⁽⁷⁾, especialmente as enterobactérias e bactérias causadoras de zoonoses, como o caso da *Salmonella* e *Escherichia coli*, em geral, geram preocupações devido a possíveis problemas causados nas aves e eventualmente na saúde do consumidor.

Além disso, para combater estes patógenos e auxiliar no desempenho das aves, a administração de antibióticos melhoradores de crescimento em animais tem sido cada vez mais discutida e desestimulada, devido às preocupações com a seleção e potencial transmissão de resistência às bactérias a esses compostos em seres humanos, principalmente, se o agente antimicrobiano registrado para uso em animais pertencer à mesma classe que os medicamentos usados na medicina humana.

Segundo Borsoi *et al.*⁽⁸⁾, os principais aspectos que caracterizam essa preocupação dizem respeito à presença de resíduos de promotores de crescimento de origem antibiótica nos produtos de origem animal e o possível prejuízo a saúde do consumidor, bem como a possibilidade de que o uso dos antimicrobianos em animais de produção venha aumentar a incidência/prevalência de bactérias resistentes a estes medicamentos.

O uso de aditivos na alimentação para manutenção da saúde intestinal e do sistema imune das aves é imperativo, uma vez que com a intensificação dos sistemas de produção de ovos de codornas têm-se impactos na qualidade de vida e consequente preocupação com o bem-estar animal.

De acordo com Pavan *et al.*⁽⁹⁾, concomitantemente a intensificação dos sistemas de produção de ovos de codornas têm-se os impactos na qualidade de vida animal e consequente preocupação com o bem-estar animal. A bateria de gaiolas é o sistema de alojamento mais utilizado para codornas atualmente por facilitar os manejos de uma forma geral, reduzir custos com mão-de-obra e permitir maior densidade de criação e produção por área. A densidade de alojamento de codornas tem sido estudada visando a redução dos custos de produção de ovos e a maximização de ocupação do galpão^(10,11).

De acordo com El-Tarabany⁽¹²⁾, a eficiência produtiva das codornas, bem como seu crescimento e desenvolvimento do aparelho produtivo são influenciados pela densidade de alojamento usada nas diferentes fases de criação, recomendando-se para obtenção do eficiente desempenho durante a fase de postura densidade de 107,64 cm²/ave.

Aditivos alimentares não irão solucionar problemas com manejo, plano sanitário, vacinação, nutrição, qualidade de água, entre outros; contudo, podem ser instrumentos para o controle e a prevenção. É sabido que produção animal intensiva é um ambiente altamente desafiador, assim, o fortalecimento do sistema imunológico pode ser uma das chaves para maior produtividade⁽¹³⁾.

Desta forma, com a finalidade de promover melhor desempenho de aves em sistemas intensificados de criação e produção, faz-se necessária a realização de pesquisas que visem avaliar a utilização de prebióticos para codornas submetidas a densidades de alojamento diferentes.

Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho e a qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com ração com diferentes níveis de inclusão de parede celular de levedura alojadas em baterias de gaiola sob diferentes densidades.

2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Setor de Coturnicultura do Departamento Acadêmico de Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, *Campus* Rio Pomba, após a aprovação (Protocolo nº 02/2020) pela Comissão de Ética no Uso de Animais em Pesquisa (CEUA) do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais.

Foram utilizadas 576 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 43 semanas de idade e 76% de postura, com peso inicial de 158,50 ± 5,41 g, distribuídas em delineamento

inteiramente ao acaso em esquema fatorial 3 x 2 (três níveis de parede celular de levedura – 0; 500 e 750 g.ton⁻¹ e duas densidades de alojamento – 81,5 e 92,4 cm²/ave), com seis repetições de 17 e 15 codornas em cada unidade experimental, respectivamente. O período experimental foi de 63 dias divididos em três períodos de 21 dias.

As aves foram alojadas em baterias de gaiolas metálicas em aço carbono 15 mm (CHOCMaster®) modelo Isabela com cinco andares de 36 cm de profundidade, 157 cm de altura e 77 cm de largura contendo uma divisória central em cada andar em PVC removível. Cada compartimento de gaiola possuía área de 1386 cm², densidade recomendada de 92,4 cm²/ave – 15 aves/gaiola, equipada com bebedouro tipo *nipple* com copinho, comedouro tipo calha e bandeja coletora de dejetos em chapa de aço zincado.

A fim de manter constantes as densidades populacionais durante o experimento, no caso de eventuais mortes, foram registradas a data da morte e o peso da codorna. Foi escolhida uma ave para ser substituída, proveniente do mesmo lote de codornas do experimento, consumindo a mesma ração, com peso semelhante ao peso médio e nível de produção de ovos compatível com a parcela experimental onde houve a morte. Foram fornecidos, à vontade, água e a mesma ração basal formulada especificamente para codornas em postura (Tabela 1) conforme as recomendações nutricionais de Rostagno *et al.*⁽¹⁴⁾.

Tabela 1 Composições percentuais e valores nutricionais da ração experimental basal, na matéria natural, para codornas japonesas em postura

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho grão	58,76
Farelo de soja	29,00
Farinha de carne e ossos	3,3
Óleo Degomado de Soja	1,00
Calcário calcítico	7,08
Sal	0,31
Núcleo codornas ¹	0,55
Total	100,00
Composição nutricional calculada	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.792,904
Proteína Bruta (%)	19,500
Fibra Bruta (%)	2,320
Lisina Digestível (%)	0,931
Metionina + Cistina Digestível (%)	0,648
Treonina Digestível (%)	0,680
Triptofano Digestível (%)	0,204
Arginina (%)	1,220
Extrato Etéreo (%)	4,037
Ácido Linoleico (%)	1,918
Cálcio (%)	3,450
Fósforo Disponível (%)	0,410
Sódio (%)	0,160
Balanço eletrolítico (mEq/kg)	207,649

¹Composição Básica do produto: Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina K3, Vitamina B1, Vitamina B2, Pantotenato de cálcio, Vitamina B6, Vitamina B12, Niacina, Ácido fólico, Biotina, Cloreto de colina, Sulfato de ferro, Sulfato de manganês, Sulfato de zinco, Iodato de Cálcio, Selenito de Sódio, Sulfato de Cobre, Carbonato de Cobalto, Dióxido de silício, L-Treonina, DL-Metionina, Aditivo enzimático, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, Antioxidante BHT. Níveis de garantia: Vitamina A (min) 2.000.000 U.I, Vitamina D3 (min) 400.000 UI, Vitamina E (min) 7.000 UI, Vitamina K3 (min) 400 mg, Vitamina B1 (min) 40 Omg, Vitamina B2 (min) 1.200 mg, Ácido Pantotênico (min) 4.000 mg, Vitamina B6 (min) 800 mg, Vitamina B12 (min)

2.400 mcg, Ácido nicotínico (min) 6.000 mg, Ácido fólico (min) 200 mg, Biotina (min) 30,4 mg, Colina (min) 52,8 g, Ferro (min) 12 g, Manganês (min) 16 g, Cobalto (min) 60 mg, Zinco (min) 12 g, Iodo (min) 200 mg, Selênio (min) 40 mg, Treonina (min) 39,2 g, Metionina (min) 240 g, Fitase 240.000 UFT (unidades de fitase).

A inclusão da parede celular de levedura foi realizada na forma de mistura “on top”, onde foi adicionado além da fórmula da ração, aos poucos, no misturador, a quantidade determinada em cada tratamento (500 e 750 g.ton⁻¹). Conforme o fabricante, a parede celular é composta predominantemente de β-glucanas 1,3-1,6 e mananoligossacarídeos (MOS), que são polissacarídeos insolúveis de ação prebiótica.

O manejo diário consistia em recolher e contabilizar os ovos. Foram computados o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca, fornecimento da ração, limpeza dos aparadores de ovos e realização da leitura das temperaturas máxima e mínima; de bulbo seco, de bulbo úmido e de umidade relativa do ar (UR).

A temperatura e umidade foram monitorados por termohigrômetros, sendo as leituras realizadas diariamente, uma vez ao dia, às 11 horas, durante todo o período experimental.

As médias das temperaturas mínima e máxima e a umidade relativa do ar registradas diariamente durante o período experimental foram, respectivamente, 21,5 ± 1,3°C; 31,8 ± 2,3°C e 50,3 ± 10,7%. O intervalo de conforto térmico, obtido por Castro *et al.*⁽¹⁶⁾, para codornas japonesas em fase de postura foi de 22°C a 24°C e 60% de umidade relativa do ar.

A iluminação artificial foi controlada por relógio automático (*timer*), permitindo o acender e apagar das luzes do galpão durante todo o período experimental, totalizando fornecimento de 16 horas diárias de duração do fotoperíodo, procedimento adotado em granjas comerciais.

Os parâmetros de desempenho zootécnico avaliados foram: consumo de ração; produção de ovos-ave/dia; produção de ovos ave alojada; produção de ovos comercializáveis; massa de ovos; conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos e viabilidade das aves.

A cada período de 21 dias, as sobras de ração de cada parcela experimental foram pesadas e descontadas da quantidade de ração fornecida no início do período a fim de se obter o consumo de ração (g/ave/dia).

A produção de ovos foi obtida, a cada período (21 dias), computando-se o número total de ovos produzidos, incluindo os quebrados, os trincados e os anormais (ovos com casca mole e sem casca) expressando-o em porcentagem sobre o número de aves vivas do período (Produção de ovos-ave/dia = n° total de ovos produzidos/n° dias/n° aves da parcela experimental x 100) e, sobre o número de aves alojadas no início do período (Produção de ovo/ave alojada = n° total de ovos produzidos/n° dias/n° aves alojadas no primeiro dia do período experimental x 100).

Para determinação da produção de ovos comercializáveis, em cada período de 21 dias, foi descontado o número de ovos quebrados, trincados, com casca mole e sem casca da produção total de ovos, sendo então calculada através da fórmula: Produção de ovos comercializáveis (%) = n° de ovos íntegros produzidos/n° dias/n° aves da parcela experimental x 100.

Todos os ovos íntegros produzidos foram pesados durante os três antepenúltimos dias de cada período de 21 dias (18º, 19º e 20º dia) para obtenção do peso médio. O peso médio dos ovos foi multiplicado pela produção de ovos-ave/dia, obtendo-se assim a massa total de ovos (g/ave/dia). A conversão alimentar por dúzia de ovos foi calculada pela relação do consumo total de ração em kg dividido pela dúzia de ovos produzidos (kg/dz) e a conversão alimentar por massa de ovos calculada pelo consumo de ração em quilogramas dividido pela massa total de ovos (kg/kg).

A mortalidade das aves foi monitorada diariamente para que ao final do período experimental fosse obtida a taxa de viabilidade das aves, calculada pela diferença do número de aves vivas pelo número de aves mortas, sendo o resultado convertido em porcentagem.

Para avaliação da qualidade dos ovos, foram analisados os seguintes parâmetros: peso do ovo (g), peso específico (g/cm³), porcentagem dos componentes (gema, albúmen e casca) e espessura da casca.

No 18º, 19º e 20º dia de cada período de 21 dias foram coletados todos os ovos íntegros, dos quais foram selecionados aleatoriamente 24 ovos de cada tratamento, sendo seis repetições de quatro ovos cada. Os ovos de cada repetição e de cada dia foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001 g e identificados.

Em seguida, foi mensurado o peso específico, por meio da imersão dos ovos, correspondentes a cada repetição, em soluções salinas com densidade variando de 1,055 a 1,095 g/cm³, com intervalos de 0,005 g/cm³, devidamente calibradas por meio de um densímetro (OM-5565, Incoterm®), segundo a metodologia descrita por Oliveira; Oliveira⁽¹⁵⁾.

A gema foi separada e seu peso registrado em balança com precisão de 0,001 g. O peso do albúmen foi obtido entre a diferença do peso do ovo menos o peso da gema mais o peso da casca, sendo este obtido após lavagem da casca e posterior secagem em estufa de circulação forçada de ar (60°C) por 24 horas.

A porcentagem de albúmen, gema e casca foi obtida dividindo-se os pesos dos respectivos componentes pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100. A espessura da casca foi mensurada através de micrômetro digital (DIGIMESS® 0-25 mm), após a secagem e pesagem da casca. Foram feitas medidas nos dois polos e no meio do ovo. A espessura da casca de cada repetição foi determinada pela média aritmética das três medidas.

As análises estatísticas dos dados de desempenho zootécnico e de qualidade de ovos das codornas suplementadas na ração com parede celular de levedura foram realizadas com a média dos três ciclos de 21 dias. Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o software estatístico Sisvar. Para verificar as premissas estatísticas de normalidade dos resíduos utilizou-se o teste de *Shapiro-Wilk* e a homogeneidade das variâncias foi avaliada pelo Teste de Levene.

Foi adotado modelo incluindo os efeitos da densidade (cm²/ave), do nível de adição de da parede celular de levedura e a interação entre esses fatores. Em caso de interação significativa, foi feito o desdobramento do efeito do nível do aditivo em cada densidade de aves,

por meio do teste Tukey a 0,05 de probabilidade. Não ocorrendo interação significativa, as médias das densidades de alojamento e do nível de aditivo foram comparadas pelo teste F e Tukey, respectivamente, ambos a 0,05 de probabilidade.

3. Resultados e discussão

A suplementação de parede celular de levedura na ração das codornas japonesas em postura não influenciou ($p>0,05$) os parâmetros de desempenho zootécnico (Tabela 2). Contudo, foi possível observar, numericamente, a inclusão de 500 g.ton⁻¹ melhorou a porcentagem de produção de ovos por ave alojada, porcentagem de produção de ovos comercializáveis e massa de ovos (g/ave/dia).

A densidade influenciou de forma independente os parâmetros de desempenho zootécnico, exceto a conversão alimentar por massa e por dúzia e a viabilidade das aves. De uma forma geral, a adoção da densidade de alojamento recomendada pelo fabricante da bateria de gaiolas, que é de 92,4 cm²/ave (15 aves/gaiola), melhorou os parâmetros de desempenho zootécnico, ou seja, as codornas produziram maior massa de ovos (g/ave/dia) e maior quantidade de ovos por dia, por ave-alojada e comercializáveis (Tabela 2).

Tabela 2 Desempenho de codornas japonesas em fase de postura alojadas sob duas densidades alimentadas com rações suplementadas com níveis crescentes de parede celular de levedura

Níveis de inclusão de PCL (g/ton.)	Variáveis							
	Consumo de ração (g/ve/dia)	Produção de Ovos Ave-dia (%)	Produção de Ovos Ave-alojada (%)	Produção de Ovos Comercializáveis (%)	Massa de ovos (g/ave/dia)	Conversão alimentar (kg/dúzia)	Conversão alimentar (kg/kg)	Viabilidade (%)
0	23,39	76,65	76,03	74,98	7,51	0,368	3,12	96,50
500	23,39	77,71	77,48	76,46	7,61	0,363	3,09	95,75
750	23,04	77,11	76,66	75,50	7,58	0,359	3,05	93,66
Densidade (cm ² /ave)								
81,5	22,33	74,19	73,71	72,71	7,25	0,363	3,09	95,42
92,4	24,22*	80,12*	79,74*	78,58*	7,89*	0,364	3,08	95,19
P-valor								
Níveis de inclusão de PCL	0,530	0,887	0,811	0,791	0,892	0,744	0,679	0,497
Densidade (D)	0,001	0,002	0,002	0,003	0,001	0,867	0,924	0,906
PCL x D	0,182	0,964	0,939	0,938	0,721	0,601	0,740	0,228
CV (%)	3,72	6,91	7,13	7,07	6,84	7,61	7,13	6,33

*Médias diferem-se estatisticamente pelo teste F ($p<0,05$). CV: Coeficiente de variação.

Sarica et al.⁽¹⁷⁾, observaram que a produção de ovos, a massa de ovos, a viabilidade e o peso do ovo de galinhas poedeiras semipesadas diminuíram em densidades mais altas de alojamento em gaiola (2000; 1000; 667 e 500 cm²/ave). Os autores relataram que as galinhas mantidas em densidades de gaiola de 667 cm² ou 1000 cm² produziram a mesma quantidade

de ovos, enquanto aquelas mantidas em espaço de 500 cm² diminuíram a produção de ovos com atraso em atingir a idade de produção de 50%.

As densidades de alojamento de codornas não interferiram na qualidade do ovo, segundo Soares *et al.*⁽¹⁸⁾, porém prejudicou o desempenho produtivo. Os autores concluíram que as codornas mantidas sob menor densidade apresentam maiores valores de imunoglobulinas Y (IgY, anticorpo presente na gema de ovo das aves), o que promoveu melhor estado imunológico e bem-estar às codornas.

Assim como observado por Lima *et al.*⁽¹⁹⁾, que alojaram codornas japonesas em postura sob diferentes densidades de alojamento (121,4 cm²/ave; 106,2 cm²/ave; 94,4 cm²/ave; 85 cm²/ave) e verificaram o efeito da densidade sobre o consumo de ração, peso do ovo, conversão por massa de ovos e conversão alimentar por dúzia de ovos, e constataram que a densidade de 85 cm²/ave proporcionou menor consumo e redução no peso do ovo.

Entretanto, ao alojar codornas japonesas na fase de postura sob densidades de 112,2 cm²/ave (10 aves por gaiola); 102 cm²/ave (11 aves por gaiola); 93,5 cm²/ave (12 aves por gaiola) e 86,31 cm²/ave (13 aves por gaiola), Bourdon⁽¹⁰⁾ não observou efeito significativo sobre o consumo de ração, conversão alimentar por massa e por dúzia de ovos, massa de ovos e porcentagem de produção de ovos por ave/dia.

Não houve interação ($p > 0,05$) entre os níveis de inclusão de parede celular de levedura e densidade de alojamento na gaiola para os parâmetros de qualidade física dos ovos das codornas (Tabela 3), exceto para peso do ovo. Por meio do desdobramento da interação foi possível constatar que as codornas alojadas sob a densidade de 92,4 cm²/ave e alimentadas com 500 g.ton⁻¹ de parede celular de levedura apresentaram maior peso do ovo (Tabela 4).

Tabela 3 Qualidade física de ovos de codornas japonesas em fase de postura alojadas sob duas densidades alimentadas com rações suplementadas com níveis crescentes de parede celular de levedura.

Níveis de inclusão de PCV (g/ton.)	Variáveis					
	Peso do ovo (g)	Peso específico (g/cm ³)	Gema (%)	Albúmen (%)	Casca (%)	Espessura de casca (mm)
0	9,81	1,079	29,36	62,46	8,18	0,259
500	9,79	1,076	29,48	62,20	8,09	0,259
750	9,84	1,079	29,38	62,39	8,23	0,259
Densidade (cm ² /ave)						
81,5	9,78	1,076	29,44	62,30	8,11	0,256
92,4	9,84	1,079	29,38	62,40	8,22	0,262*
P-valor						
Níveis de inclusão de PCV	0,760	0,243	0,867	0,483	0,241	0,949
Densidade (D)	0,163	0,121	0,765	0,578	0,110	0,027
PCV x D	0,024	0,565	0,187	0,610	0,885	0,642
CV (%)	1,46	0,52	1,96	0,87	2,47	2,74

* Médias diferem-se estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$). CV: Coeficiente de variação.

A espessura de casca foi influenciada de forma independente pela densidade de alojamento, a menor densidade (92,4 cm²/ave – 15 codornas por gaiola), aquela recomendada pelo fabricante da gaiola, promoveu maior espessura de casca. Possivelmente, isso ocorreu pelo maior espaço disponível na gaiola em comparação com a densidade de 81,5 cm², promovendo, também, acesso ao comedouro, e, portanto, consumo de ração adequado pelas codornas alojadas sob menor densidade, evidenciado nos resultados apresentados na Tabela 2.

É sabido que maior densidade de alojamento, menor espaço por ave, pode provocar desconforto térmico por calor, especialmente para aves adultas, com empenamento completo, sobretudo na fase de postura⁽¹⁾. Sendo assim, as aves utilizam mecanismos regulatórios, aumento da frequência respiratória, há incremento da excreção de CO₂ (gás carbônico), o que resulta em escassez na formação de íons carbonatos (CO₃²⁻), por conseguinte do ácido carbônico (H₂CO₃), importante para a formação, na câmara calcífera, de carbonato de cálcio (CaCO₃) que compõe 98% da casca do ovo, mesmo com o cálcio presente, desta forma há piora na qualidade da casca.

Diferentemente da presente pesquisa, Soares *et al.*⁽¹⁸⁾ não encontraram diferenças significativas para espessura de casca, peso específico e peso da casca de ovos de codornas alojadas em gaiola sob diferentes densidades (121,43 cm²/ave; 106,25 cm²/ave; 94,44 cm²/ave e 85,00 cm²/ave). Assim como Bourdon⁽¹⁰⁾, ao avaliar a qualidade de ovos de codorna mantidas sob 112,20; 102,00; 93,50 e 86,31 cm²/ave.

O desdobramento da interação do efeito do nível de inclusão de parede celular de levedura na alimentação das codornas em cada densidade de alojamento demonstrou que as codornas alojadas em gaiolas sob densidade de 92,4 cm² e alimentadas com 500 g.ton⁻¹ de parede celular de levedura apresentaram maior peso do ovo (Tabela 4).

Tabela 4 Desdobramento da interação do efeito do nível de inclusão de parede celular de levedura na alimentação das codornas japonesas em fase de postura em cada densidade de alojamento para peso do ovo

Densidade (cm ² /ave)	Níveis de inclusão de parede celular de levedura (g/ton.)		
	0	500	750
	Peso do ovo (g)		
81,5	9,85 a A	9,67 a B	9,81 a A
92,4	9,76 a A	9,91 a A	9,86 a A

^{a-b} Médias seguidas de letras minúsculas distintas, nas linhas, diferem-se estatisticamente pelo Teste Tukey (p<0,05). ^{A-B} Médias seguidas de letras MAIÚSCULAS distintas, nas COLUNAS, diferem-se nas estatisticamente pelo teste F (p<0,05).

Corroborando com estes resultados, Lima *et al.*⁽¹⁹⁾ e Mahrose *et al.*⁽²⁰⁾ constataram redução no peso dos ovos oriundos de codornas alojadas sob maior densidade, tendo em vista que as codornas alojadas sob maior densidade (81,5 cm²/ave), produziram ovos mais leves.

Alterações fisiológicas, provocadas por estresse ambiental, como área disponível à ave, está associada a aumentos dos níveis de corticosterona no plasma, glicose sanguínea e da relação heterofilo/linfócito, essas alterações podem estar acompanhadas da alteração do peso corporal do animal, da produção e da alteração do peso dos ovos⁽²¹⁾.

Rahimi *et al.*⁽²²⁾, ao suplementarem perus com parede celular de levedura e mananoligossacarídeos (MOS), observaram alterações histomorfológicas vilositárias no intestino de aves, melhoria no comprimento das vilosidades e profundidade da cripta que indicaram epitélio funcionalmente ativo e taxa de renovação epitelial mais lenta e menor desconforto da mucosa devido ao trato gastrointestinal mais saudável do que os grupo controle, apesar do desafio bacteriano. Portanto, segundo os autores pode haver aumento da área de superfície que poderia resultar em melhor absorção dos nutrientes disponíveis.

Isso pode explicar a melhora no peso do ovo das codornas, a parede celular de levedura adicionada à ração das codornas beneficiou a absorção intestinal de cálcio e de outros nutrientes associado ao menor estresse das aves por estarem alojadas na densidade recomendada (92,4 cm²/ave), demonstrado pelo maior consumo de ração e aumento na porcentagem de ovos produzidos, assim como pelo incremento na espessura da casca.

4. Conclusão

A inclusão de 500 g.ton⁻¹ de parede celular de levedura na ração de codornas japonesas alojadas sob densidade de 92,4 cm²/ave melhora o peso dos ovos, sem afetar negativamente os demais parâmetros de qualidade dos ovos e o desempenho zootécnico.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Contribuições do autor

Conceptualização: M. J. Vieira e M. O. Mendonça. Curadoria de Dados: M. J. Vieira e M. O. Mendonça, J. K. Valentim. Investigação: M. J. Vieira, J. S. Amaral e R. A. Zopelaro. Gestão de Projeto: M. O. Mendonça. Visualização: M. O. Mendonça, J. K. Valentim e L.F.T Albino. Supervisão: M. O. Mendonça. Redação (Rascunho Original): M. J. Vieira, J. K. Valentim e E. D. Silva. Redação (Revisão e Edição): M. O. Mendonça, L.F.T Albino e J. K. Valentim.

Referências

1. Aguiar, DP, Valentim, JK, Lima, HJD. Á, Bittencourt, TM, Andreoti, LZ, Pereira, IDB, ... & Zanella, J. Beak trimming and stocking densities for laying and performance traits and behavioral patterns in Japanese quails. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 2021; 32(5), e19248-e19248. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i5.19248>.
2. Silva AF, Sgavioli S, Domingues CHF, Garcia RG. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 2018;70(3):913-920. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10065>.
3. Martins M, Fanning S, Duffy G, O'Leary D, Cabe EMM, McCusker MP. Microbiological study of biofilm formation in isolates of *Salmonella enterica* Typhimurium cultured from the modern pork chain. *Int J Food Microbiol*. 2013;161(1-15):36-43. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2012.11.021>.
4. Dunkley KD, Callaway TR, Chalova VI, McReynolds JL, Hume ME, Dunkley CS, Kubena LF, Nisbet DJ, Ricke SC. Foodborne *Salmonella* ecology in the avian gastrointestinal tract. *Anaerobe*. 2009;15(1):26-35. <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2008.05.007>.
5. Holt PS, Vaughn LE, Gast RK. Flow cytometric characterization of Peyer's patch and cecal tonsil T lymphocytes in laying hens following challenge with *Salmonella enterica* serovar Enteritidis. *Vet Immunol Immunopathol*. 2010;133(2):276-281. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2009.08.001>.
6. Kim GB, Seo YM, Kim CH, Paik IK. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers. *Poultry Science*. 2015;90(1):75-82. <https://doi.org/10.3382/ps.2010-00732>.

7. Marmion, M., Ferone, MT, Whyte, P, & Scannell, AGM. The changing microbiome of poultry meat; from farm to fridge. *Food microbiology*, 2021, 99, 103823. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103823>.
8. Ghimpețeanu, OM., Pogurschi, EN, Popa, DC, Dragomir, N., Drăgotoiu, T., Mihai, OD, & Petcu, CD. Antibiotic use in livestock and residues in food—A public health threat: A review. *Foods*, 2022; 11(10), 1430. <https://doi.org/10.3390/foods11101430>
9. Pavan AC, Garcia EA, Móri C, Pizzolante CC, Piccinin A. Efeito da densidade na gaiola sobre o desempenho de poedeiras comerciais nas fases de cria, recria e produção. *Revista Brasileira Zootecnia*. 2005;34(4):1320-1328. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000400029>.
10. Bourdon VDD, Souza RG, do Nascimento Oliveira EJ, Vieira DVG, Moron SE, Vaz RMGV & Costa FGP. Productive performance, thermal and blood parameters of Japanese laying quails at different cage stocking densities. *Research, Society and Development*, 2021; 10(3), e54410313686-e54410313686. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13686>
11. Faltarone ABG, Pavan AC, Mori C, Batista LS, Oliveira RP, Garcia EA, Pizzolante CC, Mendes AA, Sherer MR. Economic traits and performance of Italian quails reared at different cage stocking densities. *Brazilian Journal Poultry Science*. 2005;7(1):19-22. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2005000100003>.
12. El-Tarabany MS. 2016. Impact of temperature-humidity index on egg laying characteristics and related stress and immunity parameters of Japanese quails. *Internacional Journal Biometeorology* 60: 957-964. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1088-5>.
13. Hofmann T, Schmucker SS, Bessei W, Grashorn M & Stefanski V. Impact of housing environment on the immune system in chickens: A review. *Animals*, 2020; 10(7), 1138. <https://doi.org/10.3390/ani10071138>
14. 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. Viçosa: Editora UFV; 2017. 252p.
15. Oliveira BL, Oliveira DD. *Qualidade e tecnologia de ovos*. Lavras: Editora UFLA (Universidade Federal de Lavras); 2013. p. 223.
16. Castro JO, Yanangi Junior T, Ferraz PFP, Fassani EJ. Comportamento de codornas japonesas submetidas a diferentes temperaturas. *Energia na Agricultura*. 2017;32(2):141-147. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p141-147>.
17. Sarica M, Boga S, Yamak US. The effects of space allowance on egg yield, egg quality, and plumage condition of laying hens in battery cages. *Czech Journal Animal Science*. 2008;53(1):346-353. <https://doi.org/10.17221/349-CJAS>.
18. Soares DF, Pizzolante CC, Duarte KMR, Moraes JE, Budiño FEL, Sores WVB, Kakimoto SK. Welfare indicators for laying Japanese quails caged at different densities. *Annals Brazilian Academy Science*. 2018;90(1):3791-3797. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180276>.
19. Lima HJD, Barreto SLT, Valeriano MH, Vieira DVG, Costa SL. Densidade de alojamento de codornas japonesas na fase inicial de postura. *Global Science and Technology*. 2012;5:186-193.
20. Mahrose, KM., Abol-Ela, S., Amin, RM., & Abou-Kassem, D E. Restricted feeding could enhance feed conversion ratio and egg quality of laying Japanese quail kept under different stocking densities. *Animal Biotechnology*, 2022. 33(1), 141-149. <https://doi.org/10.1080/10495398.2020.1810059>.
21. Onbasilar EE, Aksoy FT. Stress parameters and immune response of layers under different cage floor and density conditions. *Livestock Production Science*. 2005;95:255-263. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.01.006>.
22. Rahimi S, Kathariou S, Fletcher O, Grimes JL. Effect of a direct-fed microbial and prebiotic on performance and intestinal histomorphology of turkey poults challenged with *Salmonella* and *Campylobacter*. *Poultry Science*. 2019;98(12):6572-6578. <https://doi.org/10.3382/ps/pez436>.