

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS NA
ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix
coturnix japonica*) NA FASE DE POSTURA**

Acadêmica: Jenifer Aparecida Almeida Azambuja de Britto

**Aquidauana - MS
Agosto de 2025**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS NA
ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix
coturnix japonica*) NA FASE DE POSTURA**

Acadêmica: Jenifer Aparecida Almeida Azambuja de Britto

Prof. orientador: Dr. Tiago Junior Pasquetti

Profa. coorientadora: Dra. Elis Regina de Moraes Garcia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

**Aquidauana - MS
Agosto de 2025**

B878g Britto, Jenifer Aparecida Almeida Azambuja

Grãos secos de destilaria com solúveis na alimentação de codornas japonesas (*coturnix coturnix japonica*) na fase de postura / Jenifer Aparecida Almeida Azambuja de Britto. – Aquidauana, MS: UEMS, 2025.

54p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Junior Pasquetti

Coorientadora: Profa. Dra. Elis Regina de Moraes Garcia

1. Coturnicultura. 2. DDGS. 3. Desempenho. 4. Metabolizabilidade. 5. Qualidade dos ovos. I. Título. II. Pasqueti, Tiago Junior

CDD 23. ed. - 636.507

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS)

Susy dos Santos Pereira CRB1º1783

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

JÊNIFER APARECIDA ALMEIDA AZAMBUJA DE BRITTO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestra em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/03/2025.

Documento assinado digitalmente
 **TIAGO JUNIOR PASQUETTI**
Data: 13/08/2025 15:33:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Tiago Junior Pasquetti (Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **ANA PAULA SILVA TON**
Data: 07/08/2025 17:42:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Ana Paula Silva Ton, UFMT
(participação via videoconferência)

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE LUIZ JULIEN FERRAZ**
Data: 07/08/2025 19:18:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. André Luiz Julien Ferraz, UEMS

"Posso todas as coisas naquele que me fortalece."

Filipenses 4:13

A Deus, meu refúgio e sustento, cuja infinita sabedoria e amor renovaram minhas forças para superar cada desafio desta jornada. A Ele dedico minha mais profunda gratidão.

Ao meu marido, Vinícius, pelo amor que nunca esmorece, pela paciência nos momentos difíceis e pelo apoio incondicional que me impulsionou a seguir em frente.

Aos meus filhos, Ricardo, Frederico e minha princesa Maria Elisa, que com seus sorrisos renovaram minha motivação diária, sendo a razão e a inspiração do meu caminhar.

Aos meus pais, Geraldo Cezar, pelo zelo e cuidado e em especial a minha querida mãe, Amélia Luísa, que desde os meus primeiros passos nunca me desamparou, por sempre acreditar em mim, e que muitas vezes abdicou de sua felicidade e realizações em prol dos seus filhos.

Ao meu irmão Ney Cezar e cunhada Camilla, pelo apoio fraterno, palavras encorajadoras e por participarem de todo esse processo comigo.

Aos meus sogros, Gláucia e Silas, pelo carinho e por estarem presentes em todos os momentos desta trajetória.

Cada conquista minha é também de vocês.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, sabedoria e coragem que não me abandonaram em nenhum momento desta jornada. Sem Sua presença constante, eu não teria conseguido superar os desafios e celebrar as conquistas. À minha família, meu porto seguro, agradeço por todo o amor, preocupação, respeito, apoio e compreensão. Vocês foram minha inspiração nos momentos mais difíceis e minha alegria nas vitórias.

A Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade Aquidauana, agradeço pela formação de excelência e por me proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Tiago Junior Pasquetti e Prof^a Dra. Elis Regina de Moraes Garcia, deixo meus sinceros agradecimentos pela dedicação, paciência e conhecimento compartilhado. Suas orientações foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e minha superação acadêmica.

A todos os integrantes dos grupos de estudo GENUMO e GENAVE, companheiros de jornada acadêmica, agradeço pelo apoio, sem vocês não seria possível a realização desse projeto, em especial a minha colega Nicolý Maurilho da Costa, que esteve comigo desde o início em todas as etapas. Vocês tornaram esta experiência muito mais leve e enriquecedora.

Aos colaboradores do Setor de Coturnicultura (CDPZ), Dona Carmelita e Edson, que sempre demonstraram disposição e prontidão em me auxiliar.

A empresa Inpasa Brasil, pela disponibilização do DDGS (Distiller's Dried Grains with Solubles) para a realização dos experimentos.

Ao técnico do Laboratório de Nutrição Animal, Gustavo Ruivo Salmazzo, pelo suporte indispensável na realização das análises laboratoriais.

A Secretaria Municipal de Educação, pelo apoio e pela compreensão que se manifestaram por meio da flexibilidade de horários concedida, para que eu pudesse realizar os experimentos.

Cada um de vocês foi essencial para que este sonho se tornasse realidade. Este trabalho é um reflexo de todas as mãos que se uniram para construir esta trajetória. Agradeço, a cada um que fez parte dessa conquista.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Coturnicultura de postura no Brasil	2
2.2 Grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS).....	5
2.2.1 Produção brasileira de DDGS.....	5
2.2.2 Processos de fabricação.....	6
2.2.3 Composição química	9
2.3 Grãos secos de destilaria de com solúveis (DDGS) na alimentação de aves poedeiras.....	11
3. OBJETIVOS	16
3.1 Objetivo geral	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO 2 – GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (<i>Coturnix coturnix japonica</i>) NA FASE DE POSTURA	

RESUMO	27
ABSTRACT	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS.....	30
<i>Experimento I – Ensaio de metabolismo</i>	30
<i>Experimento II – Desempenho e qualidade de ovos</i>	32
RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
<i>Experimento I – Ensaio de metabolismo</i>	35
<i>Experimento II – Desempenho e qualidade de ovos</i>	38
CONCLUSÕES E APLICAÇÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Composição química de grãos secos de destilarias com solúveis, expressos com base na matéria seca, a partir de dados da literatura	10
--	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética da ração referência para codornas na fase de postura.....	48
Tabela 2. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas na fase de postura	49
Tabela 3. Composição química dos grãos secos de destilarias com solúveis, expressos com base na matéria seca.....	50
Tabela 4. Teores e coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia dos grãos secos de destilarias com solúveis para codornas japonesas na fase de postura, expressos em porcentagem com base na matéria seca	51
Tabela 5. Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo grãos secos de destilarias com solúveis	52
Tabela 6. Qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo grãos secos de destilarias com solúveis	53

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1. Maiores estados produtores de ovos de codorna no Brasil, expresso em milhões de dúzia.....	3
Figura 2. Produção de ovos de codorna por regiões brasileiras, expresso em milhões de dúzia	4
Figura 3. Maiores estados produtores de Grãos Secos de Destilaria com Solúveis (DDGS) no Brasil, expresso em milhões de toneladas	6
Figura 4. Etapas de produção dos grãos secos de destilaria com sólidos (DDGS)	8

RESUMO

A criação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) é a mais difundida, tendo como principal objetivo a produção de ovos. Entretanto, devido ao elevado custo dos ingredientes utilizados nas dietas, uma alternativa viável tem sido a substituição de ingredientes convencionais pelos grãos secos de destilarias com solúveis (DDGS). O DDGS é um coproduto da produção de etanol, que se destaca pelos elevados teores de proteína de alto valor biológico e energia. No entanto, apresenta um teor considerável de fibras, que não podem ser eficientemente digeridos pelas codornas, representando um desafio para sua aplicação prática. Diante do exposto, objetivou-se determinar o valor energético e nutricional dos DDGS e seus efeitos sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de codornas japonesas. No Experimento I (metabolismo), foram utilizadas 75 codornas japonesas, com 104 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três dietas e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em uma ração referência (RR) e duas rações teste, sendo que o DDGS substituiu a RR em níveis de 10 e 20%. Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) foram de 3.178 kcal/kg/MS e 3.104 kcal/kg/MS, respectivamente. No experimento 2 (desempenho e qualidade de ovos), utilizou-se 200 codornas japonesas com 54 semanas de idade, distribuídas em DIC, com cinco dietas experimentais e oito repetições. As dietas consistiram em cinco níveis de DDGS (0, 8, 16, 24 e 32%). Avaliou-se a massa de ovo, consumo de ração, conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), produção de ovos, peso do ovo, gravidade específica, porcentagens de gema, albúmen e casca, índice de gema, unidade Haugh, coloração da gema (COR) e espessura de casca (EC). A inclusão de DDGS intensificou linearmente a COR ($P < 0,001$) da gema e a EC apresentou efeito quadrático ($P < 0,01$) com máxima estimativa de EC com o nível de 21% de DDGS. Conclui-se que a EMAn do DDGS é de 3.104 kcal/kg de MS e a inclusão nas dietas de codornas em fase de postura até o nível de 32% não prejudica o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, promovendo ainda a intensificação da coloração da gema.

Palavras-chave: coturnicultura, DDGS, desempenho, metabolizabilidade, qualidade dos ovos.

ABSTRACT

The rearing of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) is the most widespread, with egg production as its main objective. However, due to the high cost of ingredients used in their diets, a viable alternative has been the replacement of conventional ingredients with dried distillers grains with solubles (DDGS). DDGS is a co-product of ethanol production, notable for its high levels of high biological value protein and energy. Nevertheless, it contains a considerable amount of fiber, which cannot be efficiently digested by quail, posing a challenge for its practical application. Given this context, the objective was to determine the energy and nutritional value of DDGS and its effects on the productive performance and egg quality of Japanese quail. In Experiment I (metabolism), 75 Japanese quails aged 104 weeks were used, distributed in a completely randomized design (CRD), with three diets and five replicates. The treatments consisted of a reference diet (RD) and two test diets, in which DDGS replaced the RD at levels of 10% and 20%. The apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn) values were 3,178 kcal/kg DM and 3,104 kcal/kg DM, respectively. In Experiment II (performance and egg quality), 200 Japanese quails aged 54 weeks were used, distributed in a CRD with five experimental diets and eight replicates. The diets consisted of five levels of DDGS (0, 8, 16, 24, and 32%). Egg mass, feed intake, feed conversion ratio (kg/kg and kg/dozen), egg production, egg weight, specific gravity, percentages of yolk, albumen, and shell, yolk index, Haugh unit, yolk color (YC), and shell thickness (ST) were evaluated. DDGS inclusion linearly increased yolk color ($P < 0.001$), and shell thickness showed a quadratic effect ($P < 0.01$), with the highest estimated shell thickness at a 21% DDGS inclusion level. It is concluded that the AMEn of DDGS is 3,104 kcal/kg of DM, and its inclusion in the diets of laying quail up to a level of 32% does not impair productive performance or egg quality, while also enhancing yolk pigmentation.

Keywords: coturniculture, DDGS, egg quality, metabolizability, performance.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A criação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) é a mais difundida no Brasil, destacando-se principalmente pela produção de ovos, que tem conquistado uma posição de destaque no agronegócio nacional. Em 2023, a produção de ovos de codorna alcançou um total de 250.348 milhões de dúzias (IBGE, 2023a), resultado impulsionado por contínuos avanços genéticos. Entre os fatores determinantes para esse desempenho, destacam-se a ausência do instinto de chocar, a precocidade na maturidade sexual, a ausência de sazonalidade reprodutiva e a maior eficiência produtiva (Lukanov e Pavlova, 2020).

A alimentação animal é reconhecida como o principal custo em sistemas de produção, especialmente na avicultura, em que as dietas fornecidas são compostas predominantemente por milho e farelo de soja. Esses ingredientes, embora de excelente qualidade nutricional, são responsáveis por encarecer a dieta devido à constante volatilidade de preços no mercado (Cunha et al., 2021). Diante desse cenário, o meio científico tem intensificado a busca por fontes alternativas que possam substituir, total ou parcialmente, os ingredientes convencionais, garantindo o mesmo aporte nutricional, mas com custos reduzidos (Amaral et al., 2022).

Atualmente, o Brasil ocupa a terceira posição no *ranking* mundial de produção de milho (MAPA, 2024), o que tem contribuído significativamente para a expansão da produção de etanol a partir desse cereal. Como consequência, esse avanço tem favorecido o crescimento do mercado de coprodutos derivados do milho, como os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) (UNEM, 2024), que possuem elevado valor nutricional (El-Hack et al., 2019).

O DDGS é um coproduto originado do processo de produção de etanol, gerado após a fermentação do amido por leveduras e enzimas, e, após a secagem, ocorre a concentração dos nutrientes, com destaque para o aumento nos teores de proteínas de alto valor biológico e energia (Silva et al., 2021). Essas características tornam o DDGS um ingrediente promissor para a formulação de dietas destinadas a codornas de postura.

Assim, objetivou-se com esse capítulo fornecer informações sobre o uso do DDGS como alimento alternativo para codornas de postura, abordando a produção de ovos de codornas no Brasil, a produção nacional de DDGS, bem como seu processo de fabricação e composição química, e seus efeitos sobre o desempenho e qualidade dos ovos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Coturnicultura de postura no Brasil

A coturnicultura é a área dedicada à criação de codornas, aves pertencentes à ordem dos Galináceos, família dos *Perdicionidae* e ao gênero *Coturnix* (Pinto et al., 2002). As espécies mais conhecidas são a codorna europeia (*Coturnix coturnix coturnix*), nativa da Europa, Ásia e África, e a codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), que, como o próprio nome sugere, tem origem no Leste Asiático, especialmente no Japão, China e Coreia (Silva e Costa, 2009).

A codorna europeia existe desde a antiguidade na Europa como ave migratória. Os primeiros escritos a respeito dessa ave datam do século XII, registrando que elas eram criadas em função do seu canto. A partir de 1910, os japoneses iniciaram estudos e cruzamentos entre codornas oriundas da Europa e espécies selvagens, resultando no desenvolvimento de uma espécie domesticada conhecida como *Coturnix coturnix japonica*. A partir de então, iniciou-se a exploração comercial da espécie, visando à produção de carne e ovos (Reis, 1980).

A chegada das codornas japonesas ao Brasil é atribuída a 1959, quando o imigrante italiano Oscar Molena, que já cultivava codornas como *hobby* na Itália, trouxe exemplares da ave para o país. Durante as décadas de 1960 e 1970, observou-se um aumento significativo no consumo de ovos de codorna, impulsionado, em parte, pela popularização da música "Ovo de Codorna", de Severino Ramos, lançada por Luiz Gonzaga, a qual atribuía propriedades afrodisíacas a esse alimento, embora essa crença tenha sido posteriormente desmistificada pela ciência (Silva e Costa, 2009).

A comercialização da codorna teve início em 1989, quando uma grande empresa avícola implantou o primeiro criatório no Sul do Brasil. Desde então, a atividade tem se consolidado como de grande relevância para a economia

agropecuária (Minvielle, 2004). De acordo com os dados mais recentes disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rebanho de codornas no Brasil totaliza 15.301.651 animais, posicionando-se como o quinto maior rebanho entre as espécies produzidas no país (IBGE, 2023a).

No Brasil, a criação de codornas japonesas é a mais difundida, com o principal objetivo sendo a produção de ovos. De acordo com Santos et al. (2012), o ciclo de postura das codornas japonesas varia entre 8 e 12 meses para reprodutoras e de 8 a 14 meses para poedeiras. Essas aves alcançam o pico de produção de ovos entre a 12^a e 14^a semanas de idade (Mnisi et al., 2023) podendo produzir aproximadamente 100 ovos por ciclo, totalizando até 300 ovos durante o primeiro ano, sob manejo adequado (Karrar et al., 2019). Esse desempenho superior é atribuído principalmente aos avanços na seleção genética, especialmente à eliminação do instinto de chocar, à maturidade sexual precoce, à ausência de sazonalidade reprodutiva e à menor sensibilidade ao estresse (Lukanov e Pavlova, 2020).

Em 2023, a produção de ovos de codorna atingiu 250.348 milhões de dúzias (IBGE, 2023a). Dentro dessa produção, o estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional, representando 19,39% do plantel, seguido por Espírito Santo (18,53%), Santa Catarina (14,25%), São Paulo (2,29%) e Pernambuco (10,82%) (Figura 1), totalizando 75,28% da produção nacional (IBGE, 2023b).

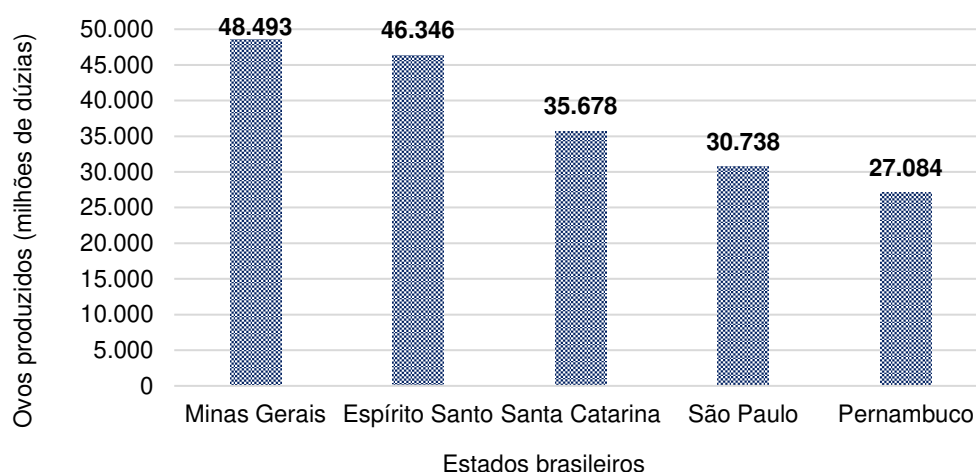


Figura 1. Maiores estados produtores de ovos de codorna no Brasil, expresso em milhões de dúzia

Fonte: IBGE (2023b).

A região Sudeste concentra mais da metade da produção nacional (Figura 2), com 50,96% do total, seguida pelas regiões Sul (22,39%), Nordeste (20,57%), Centro-Oeste (5,5%) e Norte (0,58%). Na região Sudeste, Minas Gerais (36,41%) se destaca como o maior produtor, seguido por Espírito Santo (18,53%). No Sul, Santa Catarina lidera a produção com 76,04%, enquanto no Nordeste, Pernambuco representa 62,7% da produção regional. No Centro-Oeste, Goiás é responsável por 80,7% da produção, e no Norte, o Amazonas detém 37,84% da produção (IBGE, 2023b).

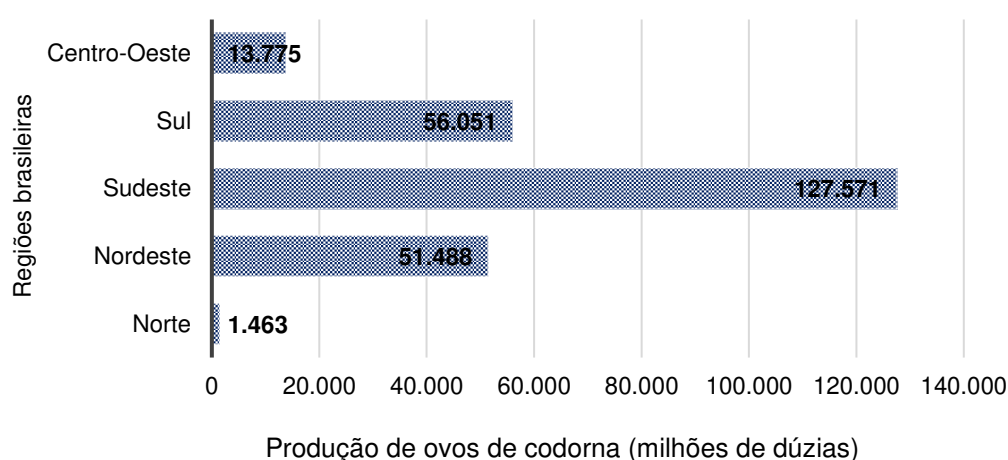


Figura 2. Produção de ovos de codorna por regiões brasileiras, expresso em milhões de dúzia

Fonte: IBGE (2023b).

A expansão da coturnicultura no Brasil está em andamento, como evidenciado pela elevada produção nacional e pelo aumento das exportações. Em 2023, o Brasil exportou ovos férteis de codornas e codornas de um dia, totalizando US\$ 1,55 bilhão para o Egito (MAPA, 2023). Esse cenário proporciona diversas vantagens para a coturnicultura nacional, destacando o Brasil como um fornecedor importante no mercado global e promovendo o crescimento econômico do setor. Tal crescimento reflete as mudanças no setor, com o aumento de tecnologias aplicadas ao manejo e à obtenção de produtos de alta qualidade em todas as etapas da criação comercial de codornas (Narushin et al., 2024).

2.2 Grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS)

2.2.1 Produção brasileira de DDGS

Nos últimos dez anos, a indústria de etanol de milho desempenhou um papel transformador em diversos setores da agricultura e pecuária do Brasil, por meio de uma estratégia eficiente de aproveitamento dos excedentes da produção, promovendo, assim, a comercialização de coprodutos como os grãos secos de destilaria (DDG) e os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) (UNEM, 2024).

Essa estratégia utilizada pelas indústrias de etanol de milho, tem impulsionado ainda o crescimento contínuo e acentuado na produção de grãos de milho. No mês de outubro de 2024, a produção nacional de milho atingiu a marca de 115.527.165 toneladas, consolidando o Brasil como um dos principais produtores globais. Atualmente, o país ocupa a terceira posição no *ranking* mundial de produção de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (MAPA, 2024).

Em 2024, a produção de etanol de milho no Brasil registrou um aumento expressivo de 33,1% em comparação à safra anterior, alcançando um novo recorde de 5,92 bilhões de litros, com o estado de Mato Grosso liderando a produção de etanol de milho, seguido por Goiás e Paraná (CONAB, 2024). A projeção da União Nacional dos Produtores de Etanol de Milho (UNEM) para a safra 2033/2034 aponta que a produção de etanol de milho no Brasil pode alcançar a marca de 16 bilhões de litros. Esse crescimento não só consolidaria o milho como uma matéria-prima estratégica para a produção de biocombustíveis nacionais, como também fortaleceria o mercado de coprodutos, especialmente o DDGS (UNEM, 2024), uma vez que para cada 100 kg de milho processado, são gerados, aproximadamente, 31,6 kg de DDGS (Jiao et al., 2022).

A produção de DDGS e DDG no Brasil é liderada pela região Centro-Oeste, como apresentado na Figura 3 (UNEM, 2024).

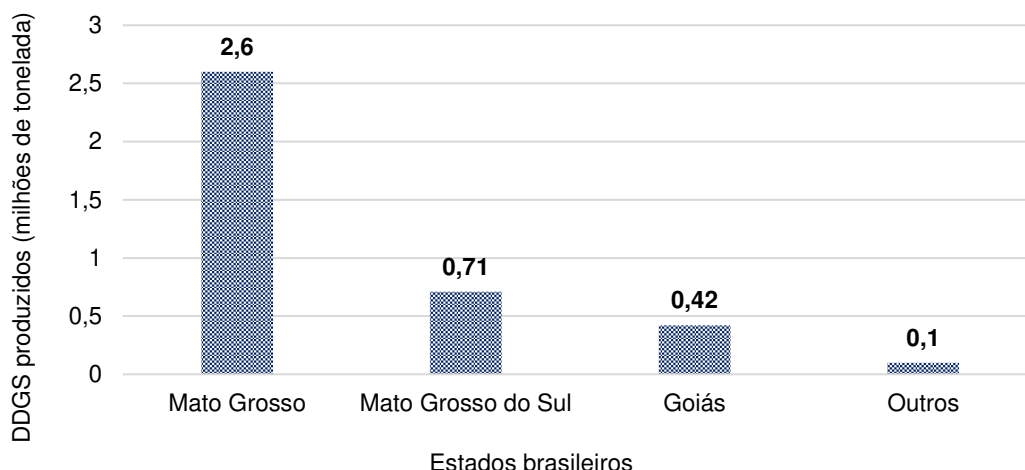


Figura 3. Maiores estados produtores de Grãos Secos de Destilaria com Solúveis (DDGS) no Brasil, expresso em milhões de toneladas

Fonte: UNEM (2024).

Em 2023, a UNEM, em parceria com a Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (ApexBrasil), firmou um convênio estratégico com o objetivo de promover a exportação de DDG e DDGS para o mercado internacional. Esta parceria visa aumentar a produção brasileira, alinhando-a com a crescente demanda global por produtos de nutrição animal. A iniciativa tem o potencial de posicionar o Brasil não apenas como líder na produção de etanol de milho, mas também como um importante exportador de DDG e DDGS, reforçando o papel do país na cadeia global de biocombustíveis e nutrição animal (UNEM, 2024).

2.2.2 Processos de fabricação

Após a produção de etanol a partir do milho, é possível obter diferentes coprodutos, incluindo os grãos úmidos de destilaria (WDG – *Wet Distillers Grains*), os grãos secos de destilaria (DDG – *Dried Distillers Grains*), os grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS – *Wet Distillers Grains with Solubles*), os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS – *Dried Distillers Grains with Solubles*) e os grãos secos de destilaria com alto teor de proteína (HPDDG – *High Protein Dried Distillers Grains*), conforme ilustrado na Figura 4.

Inicialmente, os grãos inteiros são submetidos à moagem, por meio de um processo mecânico utilizando moinhos de martelo que quebra a estrutura

física do grão (Schwietzke et al., 2009). Logo após, ocorre a desgerminação, na qual o gérmen é separado e destinado à extração de óleo (Mohamed et al., 2015). Em seguida, a farinha resultante é submetida a um processo de cozimento a vapor pressurizado a temperaturas superiores a 120°C (Ramirez-Cadavid et al., 2014). Esse procedimento promove a gelatinização do amido, aumentando a eficiência da hidrólise, além de reduzir a viscosidade e eliminar microorganismos contaminantes (Hoang e Nghiem, 2021).

Após o cozimento, realiza-se a liquefação. Nesse processo, adiciona-se α -amilase à mistura, que é mantida sob agitação por 30 minutos, a uma temperatura entre 80 e 90°C e com pH variando de 5 a 6, para otimizar a ação da enzima termoestável. Como resultado, a mistura torna-se rica em açúcares de cadeias menores, conhecidos como dextrinas, e a viscosidade do meio é reduzida, formando um mosto. O mosto resultante, é submetido a centrífugas purificadoras que direcionam o óleo para armazenamento, enquanto a porção restante segue para as próximas etapas (Mohamed et al., 2015).

As etapas de sacarificação e fermentação ocorrem de forma simultânea. Nesse processo, o mesmo material destinado à fermentação recebe a enzima α -amilase e/ou glucoamilase, que quebram as dextrinas em glicose, maltose e maltotriose. Essas glicoses são então fermentadas e convertidas em álcool por leveduras adicionadas, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, em um processo anaeróbico. As leveduras, que são acidófilas, desenvolvem-se adequadamente em meios ácidos, com a faixa de pH ideal entre 4,0 e 4,5, além de uma temperatura ajustada a 35°C. Este processo precisa de cerca de 48-72 horas para ser concluído (Rosentrater, 2011).

Durante a fermentação, a glicose é absorvida pelas leveduras e passa por um processo chamado glicólise, no qual é quebrada em duas moléculas de piruvato, liberando uma pequena quantidade de energia. Esse piruvato, em condições anaeróbicas, é convertido em etanol e dióxido de carbono (CO₂). A descarboxilação do piruvato libera CO₂ e forma acetaldeído, que é então reduzido a etanol, utilizando o cofator NADH, liberando mais energia durante o processo (Tse et al., 2021).

Na etapa de destilação, o produto da fermentação é aquecido e direcionado para o reservatório de esgotamento, onde ocorre a concentração do etanol, alcançando um teor alcoólico entre 60 e 80%. O líquido remanescente no

fundo do reservatório, chamado de vinhaça bruta, é rico em água, fibras, proteínas, óleos e açúcares não fermentados, sendo encaminhado para as etapas subsequentes. O vapor de etanol gerado, conhecido como flegma, é direcionado ao reservatório de retificação, onde é purificado até atingir 95,6% de etanol, resultando no etanol hidratado (Santos et al., 2021).

A vinhaça bruta, gerada no reservatório de esgotamento, é submetida ao processo de centrifugação, no qual ocorre a separação dos sólidos suspensos da fração líquida, resultando em dois produtos distintos: os WDG e a vinhaça fina, rica em sólidos solúveis. Os WDG, com um teor de umidade de aproximadamente 65%, podem ser submetidos ao processo de secagem, originando os DDG. A vinhaça fina, por sua vez, é concentrada em evaporadores de múltiplos efeitos, resultando em um xarope rico em sólidos solúveis, conhecido como destilado compensado. Quando esse xarope é reincorporado aos WDG, forma-se uma massa homogênea denominada WDGS. Caso os WDGS sejam submetidos à secagem, o produto final obtido são os DDGS, que apresenta um teor de umidade em torno de 10% (Reis et al., 2017).

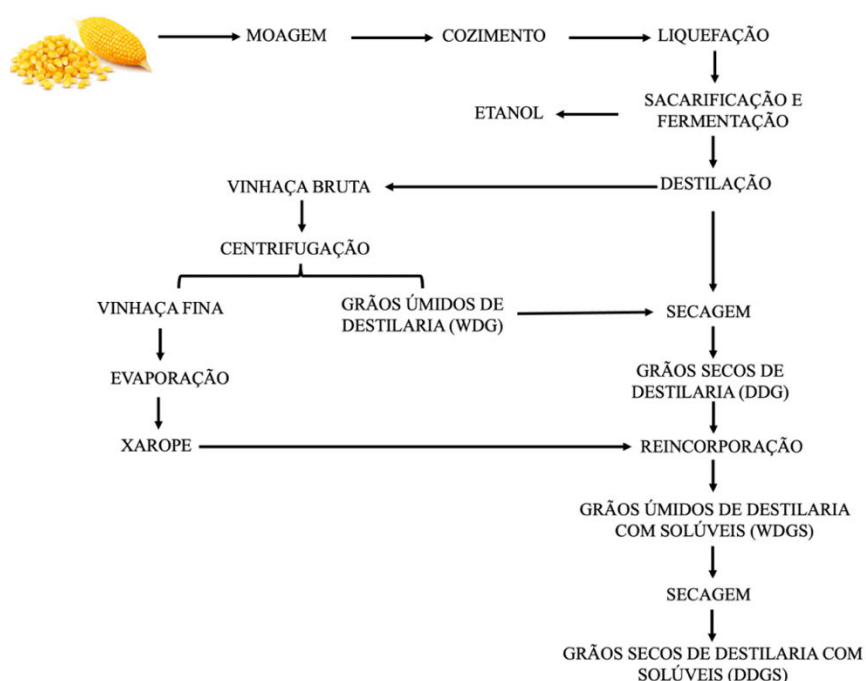


Figura 4. Etapas de produção dos grãos secos de destilaria com sólidos (DDGS)
Fonte: Autoria própria.

2.2.3 Composição química

O DDGS apresenta uma média de 32% de proteína bruta, sendo as prolaminas, especialmente as zeínas, as predominantes (Guardiola-Ponce et al., 2020; Corassa et al., 2024). Esse coproduto também é rico em aminoácidos não essenciais, como ácido glutâmico, prolina e alanina, além de aminoácidos essenciais, como lisina, metionina, triptofano, arginina e leucina (Spiehs et al., 2002; Sperotto et al., 2018; Fries-Craft et al., 2019; Zhao et al., 2021).

Em um estudo realizado por Buenavista et al. (2021), foi observada a energia bruta do DDGS a partir de diversos dados publicados ao longo dos anos. Os resultados indicaram uma redução significativa na energia bruta do DDGS em 2013, que reduziu cerca de 424 kcal/kg na matéria seca (MS) em relação ao valor registrado em 2012, possivelmente, devido a isso os autores sugerem que esse resultado pode ser explicado pelos níveis elevados de componentes fibrosos presentes no DDGS e pela ação de óleo durante o processo de produção. A partir de então, os níveis de energia permaneceram semelhantes até 2018, com um valor de 5.049 kcal/kg na MS. Em comparação, o milho grão apresenta energia bruta de 3.929 kcal/kg na MS (Rostagno e Albino, 2024).

O elevado valor energético do DDGS é atribuído aos elevados teores de ácidos graxos e aos carboidratos oriundos do grão. Os ácidos graxos presentes no DDGS são predominantemente ácidos linoleico (C18:2), oleico (C18:1) e palmítico (C16:0), representando aproximadamente 89% do total de ácidos graxos (Díaz-Royón et al., 2012). Embora o alto teor de ácidos graxos contribua para uma maior suscetibilidade à oxidação (Winkler-Moser e Breyer, 2011), o DDGS possui um elevado teor de antioxidantes, predominantemente compostos fenólicos, com concentrações superiores a mais de três vezes às do grão original (Luthria et al., 2012).

Os carboidratos presentes no milho podem ser divididos em fração amilácea e não amilácea, conhecida também como polissacarídeos não amiláceos (PNAs). A fração amilácea, composta pelo amido, representa a principal fonte de energia bruta no DDGS. Já os PNAs desempenham funções estruturais e de proteção, compondo a camada externa do grão, denominada como pericarpo, que corresponde a aproximadamente 5 a 10% do grão (Knudsen, 1997). Esses polissacarídeos podem ser classificados em solúveis, como pectinas e gomas, e insolúveis, como hemicelulose e celulose (Chi et al.,

2022). Contudo, a hemicelulose é predominante, sendo composta principalmente por arabinoxilanos (Yoshida et al., 2014).

Os PNAs apresentam ligações glicosídicas do tipo β . Na hemicelulose, essas ligações são curtas e ramificadas, enquanto na celulose, formam estruturas longas e lineares, o que confere maior resistência às fibras. Essas propriedades diferenciam os PNAs do amido, que possui ligações glicosídicas do tipo α , as quais são mais facilmente digeridas (Chen et al., 2020). Adicionalmente, o milho produzido no Brasil é classificado como farináceo ou *flint* (duro), sendo esse o predominante, apresentando um índice de vitreosidade mais elevado, que corresponde à proporção de endosperma vítreo (ou duro) em relação ao endosperma farináceo (ou mole) no grão. Essas características interferem negativamente na digestibilidade dos nutrientes (Benedetti et al., 2011).

Embora o DDGS apresente, em geral, altos teores de proteínas, energia e fibra, ao analisar a composição bromatológica dos DDGS produzidos no Brasil, conforme a literatura disponível, observa-se uma significativa variação nas concentrações dos nutrientes (Tabela 1).

O teor de proteína bruta (PB) apresenta a maior variação entre os nutrientes, seguido pelo teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). Essa variação pode ser atribuída tanto à composição química do próprio grão quanto aos métodos de produção utilizados.

Tabela 1. Composição química de grãos secos de destilarias com solúveis, expressos com base na matéria seca, a partir de dados da literatura

Item ¹	Autores					
	Corassa et al. (2017)	Corassa et al. (2021)	Corassa et al. (2024)			
MS %	91,00	93,09	90,94	90,73	91,80	92,38
MM (%/MS)	4,68	4,68	2,50	3,39	3,50	2,42
PB (%/MS)	28,60	16,15	32,51	31,65	32,29	31,53
EE (%/MS)	6,69	6,64	6,64	6,76	8,63	8,48
FDN (%/MS)	50,04	49,58	50,0	45,40	47,50	46,84

¹MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; fibra insolúvel em detergente neutro.

Fonte: Autoria própria.

As temperaturas e o tempo de exposição dos grãos a essas temperaturas, podem causar a desnaturação das proteínas. Além disso, a quantidade de α -amilase utilizada afeta diretamente a disponibilidade de proteínas e fibras, uma vez que as fibras podem envolver as proteínas, tornando-as disponíveis à medida que são hidrolisadas (Belyea et al., 2010; Böttger e Südekum, 2018).

As leveduras adicionadas durante a produção agem de maneira semelhante, exercendo efeito fibrolítico durante a fermentação, tanto de forma física quanto enzimática. Adicionalmente, as leveduras liberam conteúdos celulares, que se tornam uma fonte adicional de proteína. Portanto, tanto a espécie e a quantidade de levedura quanto o tipo e a quantidade de enzimas utilizadas têm um impacto significativo na composição nutricional do DDGS (Hess et al., 2020).

Diante do exposto, a padronização dos grãos e da produção do DDGS é essencial para garantir a consistência na composição química do produto, o que afeta diretamente sua qualidade nutricional. Com processos de produção uniformes, é possível controlar as variações nos teores de proteína, fibra, lipídios e minerais, o que proporciona maior previsibilidade nas dietas formuladas para a alimentação animal, considerando que a maior parte desse coproduto é destinado a esse fim. Além disso, a padronização contribui para o aumento da produção e da utilização desse coproduto, promovendo maior eficiência no setor.

2.3 Grãos secos de destilaria de com solúveis (DDGS) na alimentação de aves poedeiras

Atualmente, cerca de 7% da produção de DDGS é destinada à alimentação de aves (Buenavista et al., 2021) devido ao seu valor nutricional, com altas concentrações de energia e proteína de elevado valor biológico (Silva et al., 2021).

O potencial energético do DDGS já foi evidenciado por Castiblanco et al. (2021), que observaram um aumento na energia metabolizável em galinhas poedeiras com 77 semanas de idade, após a inclusão do coproduto na dieta. Moreno et al. (2023) ao avaliarem a inclusão de 20% de DDGS na alimentação de codornas poedeiras com 32 dias de idade, relataram valores de energia

metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida para o balanço (EMAn) de 2.610 kcal/kg de MS e 2.466 kcal/kg de MS, respectivamente.

Em relação ao teor de proteína, o DDGS apresenta uma média de 32% (Corassa et al., 2024), o que o torna uma fonte proteica viável para atender às exigências nutricionais de codornas em fase de postura, uma vez que requerem dietas com níveis de proteína entre 19 e 24% para garantir uma conversão alimentar eficiente (Omidwura et al., 2016; Rostagno e Albino, 2024; Cuaresma et al., 2021).

No entanto, além do teor de proteína bruta, é essencial considerar o perfil de aminoácidos do alimento para atender de forma equilibrada às demandas nutricionais necessárias para a produção de ovos. As codornas japonesas, são particularmente sensíveis a níveis reduzidos de aminoácidos em sua dieta, o que compromete diretamente a produção de ovos (Silva et al., 2019; Sarcinelli et al., 2020; Silva et al., 2020; Marareni e Mnisi, 2020; Lima et al., 2022). Dos 20 aminoácidos que constituem as proteínas, nove são essenciais para as codornas, ou seja, não são sintetizados em quantidade suficiente e devem ser obtidos por meio da dieta. Esses aminoácidos essenciais incluem isoleucina, leucina, lisina, histidina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (Hou e Wu, 2018).

Nas dietas formuladas para codornas em fase de postura, o milho é o principal ingrediente energético, enquanto o farelo de soja é utilizado para suprir as necessidades proteicas (Rostagno e Albino, 2024). No entanto, a metionina, a lisina e a treonina são os aminoácidos limitantes nessas dietas, devido à baixa concentração de metionina e lisina no milho. Por outro lado, embora o farelo de soja seja uma excelente fonte de lisina e outros aminoácidos essenciais, com exceção da metionina, seu custo elevado torna a sua utilização uma opção dispendiosa (Martínez et al., 2017; Shibi Thomas et al., 2019). Neste contexto, o uso de DDGS na alimentação de codornas em postura surge como uma alternativa, uma vez que esse coproduto é reconhecido como uma fonte rica em proteína e aminoácidos essenciais, como lisina, metionina e triptofano (Zhao et al., 2021).

Ressalta-se ainda que o triptofano, presente em elevadas concentrações no DDGS, atua como precursor da serotonina e da niacina, o que pode estimular a ingestão alimentar (Shin et al., 2015; Lisnahan e Nahak, 2020). Esse efeito foi

confirmado por Amaral et al. (2022), que observaram que a inclusão de 9,51% de DDGS maximizou o consumo de ração.

Os DDGS apresentam cerca de 10% de gordura e são ricos em ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs), especialmente o ácido linoleico (C18:6) que possuem propriedades anti-inflamatórias, contribui para a redução do estresse oxidativo e para a melhora da resposta imunológica (Jiang et al., 2013; Ruan et al., 2017).

Jiang et al. (2013) observaram que as dietas de galinhas poedeiras contendo DDGS reduziram a proporção de ácidos graxos saturados e aumentaram de forma linear a proporção de ácidos graxos insaturados na gema do ovo, além de aumentar a espessura da casca do ovo. No entanto, a inclusão de 20% de DDGS na dieta piorou a conversão alimentar.

Amaral et al. (2022), ao analisarem os níveis de 5, 10, 15 e 20% de DDGS na dieta de codornas japonesas na fase de recria, observaram que os comprimentos do jejuno e íleo eram maiores no nível de 10%. Esse aumento pode melhorar a eficiência na retenção de nutrientes, pois, quanto maior o comprimento intestinal, maior é a área de exposição dos alimentos às células absorptivas, resultando em melhor aproveitamento nutricional da dieta e, conseqüentemente, maior desempenho das codornas.

Todavia, Amaral et al. (2021) ao avaliarem a inclusão de 5, 10, 15 e 20% de DDGS nas dietas de codornas japonesas com 23 semanas de idade, e não observaram diferenças na produção de ovos, peso do ovo, porcentagens de gema, albúmen e casca, altura do albúmen e gema e gravidade específica. Os autores sugerem que esse resultado pode ser explicado pelos níveis altos de componentes fibrosos presentes no DDGS.

A inclusão de fibras na dieta de codornas de postura favorece o crescimento e o estabelecimento de microrganismos benéficos e bactérias probióticas intestinais, ao fornecer substratos necessários para suas atividades metabólicas. Além disso, durante o processo de fermentação microbiana das fibras, fontes de nitrogênio, como a amônia, podem ser utilizadas para a síntese de proteína microbiana, o que pode contribuir para a redução da emissão de amônia pelas codornas (Metges, 2000).

No entanto, apesar desses benefícios, os DDGS apresentam níveis de PNAs insolúveis de 3 a 3,5 vezes superiores aos observados nos grãos integrais

(Pedersen et al., 2014). Esse elevado teor de PNAs limita a inclusão de DDGS, devido à reduzida capacidade das codornas em digerir eficientemente os polissacarídeos com ligações β . Essas fibras também podem se ligar a ácidos biliares e nutrientes, como gorduras, proteínas e minerais, o que dificulta sua digestibilidade e resulta em menor aproveitamento nutricional pelas codornas (Mateos et al., 2012).

Adicionalmente, os PNAs solúveis têm grande capacidade de absorver água, o que aumenta a viscosidade da digesta e interfere na difusão eficiente dos nutrientes, prejudicando sua degradação e transporte pelas enzimas endógenas na superfície da mucosa (Bederska-Łojewska et al., 2017). Níveis elevados de fibras podem acelerar a taxa de passagem da digesta e dos nutrientes pelo trato gastrointestinal (Thebaudin et al., 1997; Adhikari et al., 2018, Raza et al., 2019). Como consequência, ocorre comprometimento da eficiência alimentar, evidenciado pela redução da energia metabolizável aparente e nutrientes metabolizáveis (Aftab et al., 2018).

Abd El-Hack et al. (2019) ao avaliar a inclusão dietética de quatro níveis de DDGS (0, 6, 12 e 18% da dieta) em dietas de galinhas poedeiras até 32–42 semanas de idade, relataram que o nível máximo de inclusão de DDGS não deve exceder 12% da dieta total, uma vez que a inclusão de 18% foi associada à pior produção de ovos, menor consumo diário de ração e maior conversão alimentar. Por outro lado, em um estudo conduzido por Wang et al. (2018) a inclusão de 20% de DDGS de milho não influenciou o consumo de ração e a produção de galinhas poedeiras de 62 semanas de idade.

Em outro estudo realizado por Yildiz et al. (2018) avaliando a inclusão de até 30% de DDGS sobre o desempenho e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras de 32 semanas de idade, foi observado que o nível de 30% causou uma redução na massa de ovos. Contudo, não houve efeito na produção, peso dos ovos, consumo de ração, taxa de conversão alimentar, ganho de peso corporal, resistência à quebra da casca, espessura da casca, proporção da casca, altura do albúmen e unidade Haugh.

De acordo com Bittencourt et al. (2019), a inclusão de 20% de DDGS na dieta de codornas japonesas com 23 a 31 semanas de idade é a mais economicamente viável, pois não compromete o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, além de favorecer a pigmentação da gema, tornando-a mais

amarela. O mesmo resultado foi observado por Bittencourt et al. (2022) ao avaliarem a inclusão de 5 a 20% de DDGS na dieta de galinhas poedeiras com 54 a 62 semanas. Segundo Jiang et al. (2013), esse efeito ocorre devido ao fato de o grão de milho conter aproximadamente 20 ppm de xantofila, a qual se concentra três vezes mais em função da remoção do amido durante o processo de fermentação.

Por outro lado, Abousekken (2014) ao avaliar a substituição do milho e farelo de soja por DDGS (0 a 20%) na dieta de codornas japonesas com seis semanas de idade, observou que a produção, peso e massa dos ovos e o ganho de peso corporal foram reduzindo conforme a inclusão dietética de DDGS foi aumentada. No entanto, houve melhora na conversão alimentar e maior retenção de nitrogênio, cálcio e fósforo com o aumento dos níveis de DDGS. Todavia, é importante ressaltar que o aumento na retenção de cálcio e fósforo tem um grande impacto na produção e qualidade dos ovos, especialmente na formação da casca, já que 95% da casca é composta pela parte mineral e 3,5% pela parte orgânica (Stanquevis et al., 2021).

Esses resultados relacionados ao peso dos ovos podem estar associados à redução da digestibilidade dos aminoácidos presentes nesse ingrediente, devido à concentração de componentes fibrosos e à possível glicosilação não enzimática de proteínas, também conhecida como reação de *Maillard* (Shalash et al., 2009; Dinani et al., 2018), especialmente sobre a metionina, que exerce um efeito direto no peso do ovo (Masykur et al., 2021).

Conforme evidenciado nos estudos mencionados, há divergências sobre o nível ideal de inclusão de DDGS nas dietas de aves poedeiras, o que reflete nos variados resultados obtidos e dificulta a aplicação prática desse coproduto. Esse cenário torna-se ainda mais desafiador devido à escassez de pesquisas científicas que investiguem níveis adequados de inclusão do DDGS para otimizar a produção de ovos em codornas japonesas.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Determinar o valor energético e nutricional dos grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e avaliar seus efeitos sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de codornas japonesas

3.2 Objetivos específicos

- Determinar a composição química do DDGS com codornas japonesas;
- Determinar a metabolizabilidade dos nutrientes do DDGS, assim como os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) em diferentes níveis de substituição com codornas japonesas;
- Avaliar o desempenho produtivo das codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes níveis de inclusão de DDGS;
- Avaliar a qualidade interna e externa de ovos das codornas japonesas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de DDGS.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL-HACK, M.E.; MAHROSE, K.M.; ATTIA, F.A.M.; SWELUM, A.A.; TAHA, A.E.; SHEWITA, R.S.; HUSSEIN, E.-S.O.S.; ALOWAIMER, A.N. Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals*, v.9, n.4, p.150–167, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9040150>.
- ABOUSEKKEN, M.S.M. Use of corn Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in laying quail diets. *Egyptian Poultry Science Journal*, v.34, n.3, p.681–703, 2014. <https://doi.org/10.21608/epsj.2014.5364>.
- ADHIKARI, P.; COSBY, D.E.; COX, N.A.; FRANCA, M.S.; WILLIAMS, S.M.; GOGAL, R.M., JR.; RITZ, C.W.; KIM, W.K. Effect of dietary fructooligosaccharide supplementation on internal organs Salmonella colonization, immune response, ileal morphology, and ileal immunohistochemistry in laying hens challenged with Salmonella enteritidis.

- Poultry Science*, v.97, n.7, p.2525–2533, 2018.
<https://doi.org/10.3382/ps/pey101>.
- AFTAB, U.; BEDFORD, M.R. The use of NSP enzymes in poultry nutrition: Myths and realities. *World's Poultry Science Journal*, v.74, n.2, p.277–286, 2018.
<https://doi.org/10.1017/S0043933918000272>.
- AMARAL, E.F.F.; BITTENCOURT, T.M.; LIMA, H.J.D'; QUIRINO, C.S.; PEREIRA, I.D.B.; AMORIM, C.M.M. Grãos secos de destilaria de milho na recia de codornas japonesas e sua repercussão na fase de produção. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, v.19, n.e19008, p. 1–6, 2021.
<https://doi.org/10.7213/acad.2021.19008>.
- AMARAL, E.F.F.; D'AVILA, H.J.L.; BITTENCOURT, T.M.; QUIRINO, C.S.; MARTINS, M.M.V.; FREITAS, J.M. Desempenho e biometria intestinal de codornas japonesas alimentadas com grãos secos de destilaria de milho na fase de recia. *Archives of Veterinary Science*, v.27, n.2, p.65–75, 2022.
<https://doi.org/10.5380/avs.v27i2.84269>.
- BEDERSKA-ŁOJEWSKA, D.; ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; SCHWARZ, T. Rye non-starch polysaccharides: Their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices—A review. *Annals of Animal Science*, v.17, n.2, p.351–369, 2017.
<https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0090>.
- BELYEA, R.L.; RAUSCH, K.D.; CLEVINGER, T.E.; SINGH, V.; JOHNSTON, D.B.; TUMBLESON, M.E. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*, v.159, n.1–2, p.122–130, 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005>.
- BENEDETTI, M.P.; SARTORI, J.R.; CARVALHO, F.B.; PEREIRA, L.A.; FASCINA, V.B.; STRADIOTTI, A.C.; PEZZATO, A.C.; COSTA, C.; FERREIRA, J. G. Corn texture and particle size in broiler diets. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v. 13, p. 227–234, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2011000400002>.
- BITTENCOURT, T.M.; LIMA, H.J.D'. VALENTIM, J.K.; MARTINS, A.C.S.; MORALECO, D.D.; VACCARO, B.C. Distillers dried grains with solubles from corn in diet of japanese quails. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, v. 41, n.e42759, p.1–7 2019. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42749>.

- BITTENCOURT, T.M.; LIMA, H.J.D.; VALENTIM, J.K.; TOSSUÉ, F.J.M.; ANDREOTTI, L.Z.; AGUIAR, D.P. Grãos secos de destilaria com solúvel de milho na dieta de galinhas poedeiras. *Medicina Veterinária*, v.16, n.2, p.152–159, 2022. <https://doi.org/10.26605/medvet-v16n2-2404>.
- BÖTTGER, C.; SÜDEKUM, K.H. Review: Protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. *Animal Feed Science and Technology*, v.244 p.11–17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.07.018>.
- BUENAVISTA, R.M.E.; SILIVERU, K.; ZHENG, Y. Utilization of Distiller's dried grains with solubles: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, v.5, n.100195, p.1–9, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100195>.
- CASTIBLANCO, F.; PAZ, P.E.; VALDIVIE, M.; MARTINEZ, Y. Effect of inclusion levels of dry distillery grains with solubles (DDGS) on productivity and egg quality of Hy-Line Brown® laying hens. *Cuban Journal of Agricultural Science*, v.55, n.4, p.391–402, 2021.
- CHEN, P.; SHROTRI, A.; FUKUOKA, A. Unraveling the hydrolysis of β -1,4-glycosidic bond in cello-oligosaccharides over carbon catalysts. *Catalysis Science and Technology*, v.10, n.14, p.4593–4601, 2020. <https://doi.org/10.1039/d0cy00783h>.
- CHI, C.; SHI, M.; ZHAO, Y.; CHEN, B.; HE, Y.; Wang, M. Dietary compounds slow starch enzymatic digestion: A review. *Frontiers in Nutrition*, v.9, n.004966, p.1–10, 2022. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1004966>.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. 2024. Produção de cana-de-açúcar na safra 2023/24 chega a 713,2 milhões de toneladas, a maior da série histórica. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/5489-producao-de-cana-de-acucar-na-safra-2023-24-chega-a-713-2-milhoes-de-toneladas-a-maior-da-serie-historica>>. Acesso em: 14 de novembro de 2024.
- CORASSA, A.; LAUTET, I.P.A.S.; PINA, D.S.; KIEFER, C.; TON, A.P.S.; KOMIYAMA, C.M.; AMORIM, A.B.; TEIXEIRA, A.O. Nutritional value of Brazilian distillers dried grains with solubles for pigs as determined by different methods. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.46, n.9, p.740–746, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000900005>.
- CORASSA, A.; GONÇALVES, D.B.C.; FREITAS, L.W.; KEIFER, C.; STRAUB, I.W.W.; ROTHMUND, V.L.; SAUCEDO, K.M.B.; CORREA, D. Variability of the

- nutritional composition of Brazilian corn ethanol coproducts for pigs. *Research, Society and Development*, v.10, n.13, p.1–9, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21031>.
- CORASSA, A.; SANTOS, T.I.S.; SILVA, D.R.; STRAUB, I.W.W.; TON, A.P.S.; SBARDELLA, M.; KIEFER, C.; BRITO, C.O.; TEIXEIRA, A.O. Características nutricionais de grãos secos destilados com solúveis e seus efeitos no desempenho e viabilidade econômica para suínos. *Ciência Animal Brasileira*, v.25, p.1–15, 2024. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77350P>.
- CUARESMA, B.A.; ERMUBE, H.L.; FABROS, R.A.; LANTANO, R.D.; BERDOS, J.I.; VILORIA, M.D.; BRIONES, R.C. Laying performance of quail (*Coturnix coturnix*) fed diets formulated based on crude protein restriction. *Philippine Journal of Veterinary Medicine*, v.47, n.2, p.51–58.
- CUNHA, A.M.; LÉLIS, M.R.C.; LINCK, P. Flutuações no nível de atividade e os ciclos de preços de commodities: evidências para o Brasil. *Brazilian Journal of Political Economy*, v.41, n.3, p.466–486, 2021 <https://doi.org/10.1590/0101-31572021-3164>.
- DÍAZ-ROYÓN, F, GARCIA A, ROSENTRATER KA. Composition of fat in distillers grains. Agricultural and Biosystems Engineering Publications, n.391, Iowa State University; Ames, IA, USA, 2012.
- DINANI, O.M.; TYAGI, P.K.; MANDAL, A.B.; TYAGI, P.K.; GUPTA, S.L.; JUNAID, N. Feeding value of distillers dried grain with soluble for poultry. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.7, n.11, p.1389–1400, 2018. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.161>.
- EL-HACK, M.E.A.; MAHROSE, K.M.; ATTIA, F.A.M.; SWELUM, A.A.; TAHA, A.E.; SHEWITA, R.S.; HUSSEIN, E.-S.; ALOWAIMER, A.N. Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals*, v.9, n.4, p.1–17, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9040150>.
- FRIES-CRAFT, K.; BOBECK, E.A. Evaluation of a high-protein DDGS product in broiler chickens: performance, nitrogen-corrected apparent metabolisable energy, and standardised ileal amino acid digestibility. *British Poultry Science*, v.60, n.6, p.749–56, 2019. <https://doi.org/10.1080/00071668.2019.1652884>.
- GUARDIOLA-PONCE, L.V.; SUDKAMP, A.; YIN, L.; PADUA, G.W. Characterization of zein extracted from wet distillers grains. *Transactions of*

- the ASABE*, v.63, n.4, p.1059–1069, 2020. <https://doi.org/10.13031/trans.13764>.
- HESS, M, PAUL, SS, PUNIYA, AK, VAN DER GIEZEN M, SHAW C, EDWARDS JE, FLIEGEROVÁ K. Anaerobic fungi: past, present, and future. *Frontiers in Microbiology*, v.11, p.1–18, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.584893>.
- HOANG, T.-D.; NGHIEM, N. Recent developments and current status of commercial production of fuel ethanol. *Fermentation*, v.7, n.4, p.1–18, 2021. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040314>.
- HOU, Y.; WU, G. Nutritionally essential amino acids. *Advances in Nutrition*, v.9, n.6, p.849–851, 2018. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy054>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023a. Pesquisa da Pecuária Municipal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html>>. Acesso em: 13 de novembro de 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023b. Pesquisa da Pecuária Municipal - Tabela 74 - Produção de origem animal, por tipo de produto. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74>>. Acesso em: 13 de novembro de 2024.
- JIANG, W.; ZHANG, L.; SHAN, A. The effect of vitamin E on laying performance and egg quality in laying hens fed corn dried distillers grains with solubles, *Poultry Science*, v.92, n.11, p. 2956–2964, 2013. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03228>.
- JIAO, Y.; CHEN, H.-D.; HAN, H.; CHANG, Y. Development and Utilization of Corn Processing by-Products: A Review. *Foods*, v.11, n.3709, p.1–19, 2022. <https://doi.org/10.3390/foods11223709>.
- KARRAR, I.A.; SHAMMARI, A.L.; BATKOWSKA, J.; DRABIK, K.; GRYZIŃSKA, M.M. Time of sexual maturity and early egg quality of Japanese quails affected by in ovo injection of medicinal plants. *Archives Animal Breeding*, v.62, v2, p.423–430, 2019. <https://doi.org/10.5194/aab-62-423-2019>.
- KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science and Technology*, v. 67, p. 319–338, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6).

- LIMA, M.B.; DE SOUSA, M.G.B.L.; MINUSSI, A.R.T.; DE CARVALHO, L.C.; VERAS, A.G.; MALHEIROS, E.B.; DA SILVA, E.P. Arginine requirement for egg production in Japanese quail. *Poultry Science*, v.101, n.6, p.1–9, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2022.101841>.
- LISNAHAN, C.V.; NAHAK, O.R. Growth performance and small intestinal morphology of native chickens after feed supplementation with tryptophan and threonine during the starter phase. *Veterinary World*, v.13, n.12, p.2765–2771, 2020. <https://dx.doi.org/10.14202%2Fvetworld.2020.2765-2771>.
- LUKANOV, H.; PAVLOVA, I. Domestication changes in Japanese quail (*Coturnix japonica*): A review. *World's Poultry Science Journal*, v.76, n.4, p.787–801, 2020. <https://doi.org/10.1080/00439339.2020.1823303>.
- LUTHRIA, D. L.; LIU, K.; MEMON, A.A. Phenolic acids and antioxidant capacity of distillers dried grains with solubles (DDGS) as compared with corn. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.89, n.7, p.1297–1304, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11746-012-2025-y>.
- MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. 2023. Abertura de mercado no Egito para material genético de codorna. Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/abertura-de-mercado-no-egito-para-material-genetico-de-codorna>>. Acesso em: 15 de novembro de 2024.
- MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária. 2024. Exportações brasileiras do milho. Disponível em:<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais/documentos/Milho.pdf>>. Acesso em: 14 de novembro de 2024.
- MARARENI, M.; MNISI C.M. Growth performance, serum biochemistry and meat quality traits of jumbo quails fed with mopane worm (*Imbrasia belina*) meal-containing diets. *Veterinary and Animal Science*, v.10, p.1–6, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2020.100141>.
- MARTÍNEZ, Y., LI, X., LIU, G., BIN, P., YAN, W., MÁZ, D. & YIN, Y. 2017. The role of methionine on metabolism, oxidative stress, and diseases. *Amino Acids*, v.49, n.12, p. 2091–2098. <https://doi.org/10.1007/s00726-017-2494-2>.
- MASYKUR, A.; PRASTOWO, S.; WIDYAS, N.; RATRIYANTO, A. Methionine supplementation to quails diet improves egg weight consistency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. v.637, n.012018, p.1–5, 2021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/637/1/012018>.

- MATEOS, G.G.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, v.21, n.1, p.156–174, 2012. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>.
- METGES, C.C. Contribution of microbial amino acids to amino acid homeostasis of the host. *Journal of Nutrition*, v.130, n.7, p.1857S–1864S, 2000. <https://doi.org/10.1093/jn/130.7.1857S>.
- Research*, v.24, n.1, p. 23–29, 2015. <https://doi.org/10.3382/japr/pfv002>.
- MINVIELLE, F. The future of Japanese quail for research and production. *World's Poultry Science Journal*, v.60, n.4, p.500–507, 2004. <https://doi.org/10.1079/WPS200433>.
- MNISI, C.M.; OYEAGU, C.E.; AKURU, E.A.; RUZVIDZO, O.; LEWU, F.B. Sorghum, millet and cassava as alternative dietary energy sources for sustainable quail production – A review. *Frontiers in Animal Science*. v.4, n.1066388, p.1–13, 2023. <https://doi.org/10.3389/fanim.2023.1066388>.
- MOHAMED, E.; ALAGAWAY, M.; FARAG, R.M.; DHAMA, K. Use of maize Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS) in laying hen diets: Trends and advances. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, v.10, n.11, p.690–707, 2015. <https://doi.org/10.3923/ajava.2015.690.707>.
- NARUSHIN, V.G.; VOLKOVA, N.A.; VETOKH, A.N.; SOTNIKOV, D.A.; VOLKOVA, L.A.; GRIFFIN, D.K.; ROMANOV, M.N.; ZINOVIEVA, N.A. 'Eggology' and mathematics of a quail egg: An innovative non-destructive technology for evaluating egg parameters in japanese quail, *Food and Bioproducts Processing*, v.146, p.49–57, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2024.04.007>.
- OMIDIWURA, B.R.O.; ODU, O.; AGBOOLA, A.F.; AKINBOLA, D.; IYAYI, E.A.). Crude protein and energy requirements of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing period. *Journal of World's Poultry Science*, v.6, n.2, p.99–104, 2016.
- PEDERSEN, M.B.; DALSGAARD, S.; KNUDSEN, K.E.B.; YU, S.; LAERKE, H.N. Compositional profile and variation of Distillers Dried Grains with Solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology*, v.197, p.130–141, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.011>.

- PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; VARGAS, J.G.J. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.4, p.1761–1770, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700019>.
- RAMIREZ-CADAVID, D.A.; KOZYUK, O.; MICHEL, F.C. Improvement in commercial scale dry mill corn ethanol production using controlled flow cavitation and cellulose hydrolysis. *Biomass Conversion and Biorefinery*, v.4, n.3, p.211–224, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13399-013-0103-5>.
- RAZA, A.; BASHIR, S.; TABASSUM, R. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. *Heliyon*, v. 5, n. 4, p.1–17, 2019. <https://10.1016/j.heliyon.2019.e01437>.
- REIS, C.E.R.; RAJENDRAN, A.; HU, B. New technologies in value addition to the thin stillage from corn-to-ethanol process. *Reviews in Environmental Science and BioTechnology*, v.16. p.175–206, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11157-017-9421-6>.
- REIS, F.S.D. Codornizes, Criação e Exploração. Editora Agros, p.222, Lisboa-Portugal, 1980.
- ROSENTRATER, K.A. Overview of corn-based fuel ethanol coproducts: Production and use. *Biofuel's engineering process technology*, p.141–166, 2011. <https://doi.org/10.5772/17180>.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. Produção Independente, 5ª ed., Viçosa-MG, 2024.
- RUAN, D.; JIANG, S.Q.; HU, Y.J.; DING, F.Y.; FAN, Q.L.; CHEN, F.; LIN, X.J.; LI, L.; WANG, Y. Effects of corn distillers dried grains with solubles on performance, oxidative status, intestinal immunity and meat quality of Chinese Yellow broilers. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.101, n.6, p.1185–1193, 2017. <https://doi.org/10.1111/jpn.12637>.
- SANTOS, T.C.; MURAKAMI, A.E.; OLIVEIRA, C.A.L.; GIRALDELLI, N. Sperm-egg interaction and fertility of Japanese breeder quails from 10 to 61 weeks. *Poultry Science*, v.92, n.1, p.205–210, 2012. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02536>.
- SANTOS, M.C.; ALBUQUERQUE, A.L.; SOLETTI, J.I.; MENEGHETTI, S.M.P. Principais tecnologias para produção de etanol anidro no Brasil. *Revista*

- Virtual de Química*, v.13, n.6, p.1228–1240, 2021.
<https://doi.org/10.215///1984-6835.202100/6>.
- SARCINELLI, M.F.; SAKOMURA, N.K.; DORIGAM, J.C.P.; SILVA, E.P.; VENTURINI, K.S.; LIMA, M.B.; GONÇALVES, C.A. Modelling japanese quail responses to methionine + cystine, threonine and tryptophan intake. *Animal Feed Science and Technology*, v.263, p.1–11, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114486>.
- SCHWIETZKE, S.; KIM, Y.; XIMENES, E.; MOSIER, N. Ethanol production from maize. *Molecular Genetic Approaches to Maize Improvement*. Berlin-Heidelberg, p.347–364, 2009.
- SHALASH, S. M.M.; ALI, M.N.; SAYED, M.A.M.; HODA E.E.-G.; SHABAAN, M. Novel Method for Improving the Utilization of Corn Dried Distillers Grains with Solubles in Broiler Diets. *International Journal of Poultry Science*, v.8, n.6, p.545–552, 2009. <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2009.545.552>.
- SHIBI THOMAS, K.; AMUTHA, R.; PURUSHOTHAMAN, M.R.; RICHARD JAGATHEESAN P.N.; EZHILVALAVAN, S.; JAYALALITHA, V. Energy and protein requirements during various stages of production in japanese quails. *International Journal of Science, and Technology*, v.8, n.4, p.790 – 794, 2019.
- SHIN, H.S.; KIM, J.W.; LEE, D.G.; LEE, S.; KIL, D.Y. Bioavailability of lutein in corn distillers dried grains with solubles relative to lutein in corn gluten meal based on lutein retention in egg yolk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.96, n.10, p. 3401–3406, 2015. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7520>.
- SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P. Tabela de exigência nutricional de codornas japonesas e europeias. Fundação de Apoio à Pesquisa, Ensino e Extensão - FUNCEP, 2ª ed., Jaboticabal-SP, 2009.
- SILVA, E.P.D.; SAKOMURA, N.K.; SARCINELLI, M.F.; DORIGAM, J.C.D.P.; VENTURINI, K.S.; LIMA, M.B.D. Modeling the response of japanese quail hens to lysine intake. *Livestock Science*, v.224, p.69–74, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.04.005>.
- SILVA, E.P.; LIMA, M.B.; SAKOMURA, N.K.; MORAES, L.E.; PERUZZI, N.J. Weight gain responses of laying-type pullets to methionine plus cystine intake. *Animal*, v.14, n.s2, p.s294–s302, 2020. 10.1017/S1751731120001093.
- SILVA, B.C.R.; TON, A.P.S.; MORENO, F.L.V.; FREITAS, L.W.F. Use of corn ethanol co-product in poultry feed: Review. *Research, Society and*

- Development*, v10, n.4, p.1–14, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13891>.
- SPEROTTO, F.C.S.; BRANDÃO, F.J.B.; LEITE, A.L.; PADILHA, P.M.; BIAGGIONI, M.A.M. Caracterização química e proteômica dos grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) de milho. *Energia na Agricultura*, v.33, n.1, p.87–91, 2018. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2018v33n1p87-91>.
- SPIEHS, M.J.; WHITNEY, M.H.; SHURSON, G.C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota, *Journal of Animal Science*, v.80, n.10, p.2639–2645, 2002. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.10.2639>.
- STANQUEVIS, C.E.; FURLAN, A.C.; MARCATO, S.M.; OLIVEIRA-BRUXEL, T.M.; PERINE, T.P.; FINCO, E.M.; GRECCO, E.T.; BENITES, M.I.; ZANCANELA, V.T. Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. *Poult Science*, v.100, n.1, p.147–158, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.030>.
- THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science & Technology*, v.8, n.2, p.41–48, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01007-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01007-8).
- TSE, T.J.; WIENS, D.J.; REANEY, M.J.T. Production of bioethanol—A review of factors affecting ethanol yield. *Fermentation*, v.7, n.268, p.1–18, 2021. <https://doi.org/10.3390/fermentation7040268>.
- UNEM - União Nacional do Etanol de Milho. Biorrefinarias no Brasil. Disponível em: <<https://etanoldemilho.com.br/dados-setoriais/>>. Acesso em: 14 de novembro de 2024.
- WANG, H.Y.; BAI, S.P.; DING, X.M.; WANG, J.P.; ZENG, Q.F.; SU, Z.W.; XUAN, Y.; ZHANG, K.Y. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of corn distillers dried grains with solubles for laying hens. *Animal Feed Science and Technology*, v.238, p.66–72, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.02.002>.
- WINKLER-MOSER, J.K.; BREYER, L. Composition and oxidative stability of crude oil extracts of corn germ and distillers grains. *Industrial Crops and Products*, v.33, n.3, p.572–578, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.1>.

- YILDIZ, T.; CEYLAN, N.; ATIK, Z.; KARADEMİR, E.; ERTEKİN, B. Effect of corn distillers dried grains with soluble with or without xylanase supplementation in laying hen diets on performance, egg quality and intestinal viscosity. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, v.24, n.2, p.273–280, 2018. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2017.18832>.
- YOSHIDA, C.M.P.; MACIEL, V.B.; MENDOÇA, M.ED.; FRANCO, T.T. Chitosan biobased and intelligent films: Monitoring pH variations. *LWT - Food Science and Technology*, v. 55, n. 1, p. 83–89, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.015>.
- ZHAO, J.; WANG, D.; LI, Y. Proteínas em grãos de destilaria secos com solúveis: Uma revisão do valor da ração animal e potenciais usos não alimentares. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v.98, n.10, p.957–968, 2021. <https://doi.org/10.1002/aocs.12516>.

CAPÍTULO 2 – GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NA FASE DE POSTURA

Esse capítulo seguiu as normas da revista Journal of Applied Poultry Research exceptuando-se o idioma.

GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS JAPONESAS (*Coturnix coturnix japonica*) NA FASE DE POSTURA

Jenifer Aparecida Almeida Azambuja de Britto^{1*}, Elis Regina de Moraes Garcia¹, Tiago Junior Pasquetti¹

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Programa de Pós-graduação em Zootecnia – Rodovia Graziela Maciel Barroso, Km 12 Zona Rural – 79.200-000 - Camisão, Aquidauana (Mato Grosso do Sul), Brasil.

*Autor correspondente: jeniferazambuja@hotmail.com

RESUMO

Objetivou-se determinar o valor energético e nutricional dos grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) e seus efeitos sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de codornas japonesas. No Experimento I (metabolismo), foram utilizadas 75 codornas japonesas, com 104 semanas de idade, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três dietas e cinco repetições. Os tratamentos consistiram em uma ração referência (RR) e duas rações teste, sendo que o DDGS substituiu a RR em níveis de 10 e 20%. Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) foram de 3.178 kcal/kg/MS e 3.104 kcal/kg/MS, respectivamente. No experimento 2 (desempenho e qualidade de ovos), utilizou-se 200 codornas japonesas com 54 semanas de idade, distribuídas em DIC, com cinco dietas experimentais e oito repetições. As dietas consistiram em cinco níveis de DDGS (0, 8, 16, 24 e 32%). Avaliou-se a massa de ovo, consumo de ração, conversão alimentar (kg/kg e kg/dz), produção de ovos, peso do ovo, gravidade específica, porcentagens de gema, albúmen e casca, índice de gema, unidade Haugh, coloração da gema (COR) e espessura de casca (EC). A inclusão de DDGS intensificou linearmente a COR ($P \leq 0,001$) da gema e a EC apresentou efeito quadrático ($P \leq 0,01$) com máxima estimativa de EC com o nível

de 21% de DDGS. Conclui-se que a EMAn do DDGS é de 3.104 kcal/kg de MS e a inclusão nas dietas de codornas em fase de postura até o nível de 32% não prejudica o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, promovendo ainda a intensificação da coloração da gema.

Palavras-chave: coturnicultura, DDGS, desempenho, metabolizabilidade, qualidade dos ovos.

ABSTRACT

The objective was to determine the energy and nutritional value of dried distillers grains with solubles (DDGS) and their effects on the productive performance and egg quality of Japanese quails. In Experiment I (metabolism), 75 Japanese quails, 104 weeks old, were used in a completely randomized design (CRD), with three diets and five replicates. The treatments consisted of a reference diet (RD) and two test diets, in which DDGS replaced the RD at levels of 10% and 20%. The apparent metabolizable energy (AME) and nitrogen-corrected apparent metabolizable energy (AMEn) values were 3,178 kcal/kg DM and 3,104 kcal/kg DM, respectively. In Experiment II (performance and egg quality), 200 Japanese quails, 54 weeks old, were used in a CRD with five experimental diets and eight replicates. The diets consisted of five DDGS levels (0, 8, 16, 24, and 32%). The following were evaluated: egg mass, feed intake, feed conversion (kg/kg and kg/dozen), egg production, egg weight, specific gravity, percentages of yolk, albumen, and shell, yolk index, Haugh unit, yolk color (YC), and shell thickness (ST). DDGS inclusion linearly increased yolk color ($P \leq 0.001$), and shell thickness showed a quadratic effect ($P \leq 0.01$), with the maximum estimated ST at a DDGS level of 21%. It is concluded that the AMEn of DDGS is 3,104 kcal/kg of DM and that inclusion in laying quail diets up to a level of 32% does not impair productive performance or egg quality, and further promotes yolk color intensification.

Keywords:

INTRODUÇÃO

A oferta de uma nutrição adequada, que forneça os nutrientes essenciais em quantidades ideais, é crucial para otimizar tanto a produção quanto a qualidade dos ovos de codorna (Ferket e Gernat, 2006; Zaheer, 2015; Sari et al., 2016). Contudo, a alimentação representa a maior parte dos custos de produção, sendo o milho o principal ingrediente energético nas formulações de rações para aves (Rostagno e Albino, 2024), enquanto o farelo de soja é amplamente utilizado para suprir as demandas proteicas. No entanto, ambos os insumos apresentam elevada volatilidade de preços, o que impacta de forma significativa o custo final das dietas (Cunha et al., 2021).

Diante do elevado custo dos ingredientes utilizados nas dietas, os avanços científicos e tecnológicos têm possibilitado a formulação de alternativas nutricionais mais econômicas. Uma estratégia viável é a substituição de ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja, por alimentos alternativos que atendam às exigências nutricionais de codornas de postura, sem comprometer o desempenho produtivo (Bayram e Akkaya, 2018; Masenya et al., 2021).

Nesse contexto, os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), coproduto da indústria do etanol, vêm ganhando destaque na nutrição animal (El-Hack et al., 2019), visto que cerca de 7% da produção é destinada à alimentação de aves (Buenavista et al., 2021), devido ao seu valor nutricional, caracterizado por altos teores de proteína de elevado valor biológico, energia, fibras e minerais (Silva et al., 2021).

Contudo, ainda há escassez de pesquisas científicas que investiguem os níveis ideais de inclusão dos DDGS nas dietas para codornas japonesas. Nos estudos disponíveis, os níveis de inclusão variam entre 10% e 20%, havendo divergências quanto aos efeitos desse ingrediente sobre a produção e a qualidade dos ovos (Abousekken, 2014; Bittencourt et al., 2019), o que dificulta sua aplicação prática.

Diante disso, objetivou-se com esse estudo determinar o valor energético e nutricional dos DDGS na alimentação de codornas japonesas, bem como avaliar seus efeitos sobre a produção e a qualidade dos ovos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Campo Demonstrativo de Produção Zootécnica em Coturnicultura (CDPZ) da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, localizado na Unidade Universitária de Aquidauana, com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UEMS), sob o protocolo nº 001/2023. Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) utilizados na pesquisa foram fornecidos pela indústria de etanol de milho INPASA, situada no estado do Paraná.

Experimento I – Ensaio de metabolismo

Foram utilizadas 75 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 104 semanas de idade (728 dias), peso corporal médio de 0,180 kg e taxa média de postura de 73,80%. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso e as aves foram distribuídas em três dietas experimentais, cinco repetições e cinco aves por unidade experimental.

As dietas experimentais consistiram em uma ração referência (RR); e níveis de 10 e 20% de substituição isométrica da RR pelo DDGS. A ração referência foi formulada, à base de milho e farelo de soja, com a adição dos aminoácidos industriais, lisina, metionina, treonina e triptofano (Tabela 1), elaborada para atender às exigências nutricionais de codornas japonesas em fase de postura, conforme recomendado por Rostagno e Albino (2024). Durante todo o período experimental, as codornas receberam água e ração *ad libitum*.

As aves foram alojadas em gaiolas metabólicas de aço galvanizado, com dimensões de 20 cm de largura × 33 cm de profundidade × 25 cm de altura, equipadas com bebedouros tipo *nipple*, comedouros do tipo calha e bandejas coletora de excretas. O programa de iluminação utilizado consistiu em 17 horas de luz (combinação de iluminação natural e artificial) e 7 horas de escuro.

O período experimental teve duração de dez dias, sendo os cinco primeiros destinados à adaptação das aves às instalações e à dieta, e os cinco dias subsequentes para a coleta total das excretas. A temperatura ambiente média foi de 27,91°C e a umidade relativa do ar média foi de 67,16%, registradas com auxílio de um termo-higrômetro nos horários de 8h e 16h ao longo do experimento.

Para a coleta das excretas, foram utilizadas bandejas revestidas com sacos plásticos, colocadas sob as gaiolas para coleta das excretas. A coleta foi realizada duas vezes ao dia, às 8h e às 16h, evitando assim a fermentação do material. Durante o processo, foram removidos contaminantes como penas e restos de ração. Para marcar o início e o término das coletas, utilizou-se óxido férrico a 2% como marcador fecal. Adicionalmente, foi realizada a coleta de um *pool* de amostras do DDGS e das rações experimentais. As amostras das excretas, do DDGS e das rações foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas a -18°C para posterior análise da composição bromatológica.

As análises bromatológicas foram realizadas após o descongelamento, homogeneização e pesagem individual das amostras de cada unidade experimental. Em seguida, as amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, moídas em moinho tipo martelo e submetidas às análises.

Foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), matéria orgânica (MO), matéria

mineral (MM) e energia bruta (EB), realizada por meio da queima das amostras em bomba calorimétrica, conforme os métodos propostos por Detmann et al. (2012).

O aminograma do DDGS foi determinado por meio de NIRS, na Cooperativa Agroindustrial Copagril, em que foram considerados os valores dos aminoácidos digestíveis para a formulação das dietas. A composição química do DDGS utilizado está apresentada na Tabela 3.

Foram determinados os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), matéria orgânica (CMMO), extrato etéreo (CMEE), proteína bruta (CMPB), fibra insolúvel em detergente neutro (CMFDN) e energia bruta (CMEB), seguindo a metodologia proposta por Sakomura e Rostagno (2016). Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) foram obtidos seguindo a metodologia proposta por Matterson et al. (1965).

Experimento II – Desempenho e qualidade de ovos

Foram utilizadas 200 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com 54 semanas de idade (382 dias), peso corporal médio de 0,186 kg e taxa média de postura de 90,08%. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente ao acaso e as aves foram distribuídas em cinco dietas experimentais, oito repetições cada e cinco aves por unidade experimental.

Foram avaliados cinco níveis de inclusão de DDGS: 0, 8, 16, 24 e 32% na dieta, a qual foi formulada para atender às exigências nutricionais de codornas japonesas em fase de postura (Tabela 2), de acordo com Rostagno e Albino (2024), sendo isoenergética e isoproteica. Os teores de metionina + cistina, treonina e triptofano digestíveis das rações foram calculados de acordo com as recomendações de Rostagno e Albino (2024) para

codornas japonesas em fase de postura, correspondendo a relação de lisina digestível: metionina+cistina, treonina e triptofano digestíveis de 82, 61 e 21.

O valor de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) do DDGS foi 2.772 kcal/kg de matéria natural (MN), considerando a média das inclusões de 10 e 20% observadas no Experimento 1.

O período experimental foi de 63 dias, divididos em três ciclos de 21 dias para a coleta dos dados de desempenho. As aves foram alojadas em gaiolas metabólicas de aço galvanizado, com dimensões de 20 cm de largura × 33 cm de profundidade × 25 cm de altura, equipadas com bebedouros tipo *nipple* e comedouros do tipo calha. O programa de iluminação utilizado consistiu em 17 horas de luz (combinação de iluminação natural e artificial) e 7 horas de escuro. Durante todo o período experimental, as codornas receberam água e ração *ad libitum*.

Os ovos produzidos foram coletados diariamente, a temperatura ambiente média foi de 28°C e a umidade relativa do ar média foi de 44,02%, registradas com auxílio de um termo-higrômetro nos horários de 8h e 16h ao longo do experimento.

Para avaliação do consumo de ração (CR) (g/ave/dia) as rações e as sobras de ração foram pesadas ao final de cada 7 dias. A conversão alimentar por massa de ovos (CAMO) (kg/kg) foi calculada dividindo o CR pela massa do ovo (MO) (g/ave/dia) e a conversão alimentar por dúzia de ovos (CADZ) (kg/dz) foi determinada pela relação entre o CR e a produção de ovos (PRO). A PRO foi determinada pelo total de ovos produzidos, incluindo aqueles quebrados, rachados e anormais (como ovos com casca mole ou sem casca), sendo expressa em porcentagem.

Os ovos viáveis de cada unidade experimental foram coletados e identificados nos últimos três dias de cada período experimental, para a realização das análises de qualidade. Inicialmente, cada ovo foi pesado individualmente em uma balança semi-

analítica ($\pm 0,001$ g) para determinar seu peso (PO) (g). Após a pesagem, realizou-se a gravidade específica (GE) (g/ml^{-1}) determinada por meio da técnica de flutuação. Os ovos foram mergulhados em uma solução salina (NaCl) com diferentes densidades, variando de 1,050 a 1,100, com intervalos de 0,0555, calibradas com um densímetro. A gravidade específica foi determinada pela densidade da solução na qual o ovo flutuou.

Posteriormente, os ovos foram quebrados em uma superfície plana e lisa de vidro, onde a coloração das gemas (COR) foi analisada visualmente com o auxílio do leque de cores DSM (Yolk Color Fan)[®]. A intensidade da cor da gema *in natura* foi comparada e classificada de acordo com a escala do leque, que varia de 1 a 15, do amarelo claro ao laranja. O mesmo avaliador realizou esse procedimento em todos os dias de avaliação.

Com o auxílio de um paquímetro digital (Digimess) fixo, foram aferidas as alturas do albúmen denso e da gema (em mm). Em seguida, foi determinado o diâmetro da gema para mensurar o índice de gema (IG), que corresponde à relação entre a altura e a largura da gema.

A porcentagem de gema (PG), porcentagem de albúmen (PA) e porcentagem de casca (PC) foi obtida após a separação da gema do albúmen de cada ovo e sua respectiva pesagem. O peso do albúmen foi obtido subtraindo-se do peso total do ovo a soma dos pesos da gema e da casca. Em seguida, a porcentagem de cada componente foi determinada dividindo seu peso pelo peso total do ovo e multiplicando o resultado por 100.

As espessuras das cascas (EC) foram mensuradas em quatro pontos equidistantes na região equatorial, utilizando um micrômetro digital. A unidade Haugh (UH) foi o parâmetro utilizado para expressar a qualidade do albúmen e foi determinada por meio da metodologia proposta por Silversides e Budgell (2004).

Os dados foram analisados utilizando o pacote ExpDes do software R[®]. Quando o teste F foi significativo a 5%, os efeitos lineares e quadráticos foram avaliados. A normalidade dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro-Wilk, e a homoscedasticidade pelo teste de Bartlett. Quando não foi possível atender as exigências dos testes, os dados foram transformados para atender aos pressupostos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento I – Ensaio de metabolismo

Os valores de MSM e do CMMS foram semelhantes entre os tratamentos com médias de 75,39% e 84,45%, respectivamente. Por outro lado, a inclusão de 20% de DDGS elevou ($P = 0,03$) os valores de MOM e do CMMO (Tabela 4). Esse aumento pode ser atribuído aos maiores valores de CMEE, de FDNM e do CMFDN, considerando que o EE e a FDN são componentes da fração orgânica do DDGS (Detmann et al., 2012). Ainda assim, esses componentes não impactaram significativamente a metabolização da matéria seca como um todo.

A inclusão de 20% de DDGS também resultou em maior CMEE ($P = 0,01$), enquanto a inclusão de 10% proporcionou maior ($P = 0,02$) EEM (Tabela 4). Esses resultados sugerem que, apesar de possíveis interações entre lipídios e componentes fibrosos, que podem reduzir a biodisponibilidade lipídica (Shalash et al., 2009; Mateos et al., 2012; Dinani et al., 2018), o metabolismo lipídico das codornas não foi prejudicado. Pelo contrário, o aumento no CMEE indica que os lipídios não ligados às fibras foram eficientemente metabolizados pelas codornas.

Os valores de PBM e do CMPB foram semelhantes entre os tratamentos, com médias de 10,34% e 29,87%, respectivamente (Tabela 4). Isso indica uma elevada eficiência na digestão e aproveitamento das proteínas pelas codornas, mesmo com a maior

inclusão de DDGS. Embora essa inclusão possa estar associada a efeitos antinutricionais devido ao maior teor de fibra, não houve comprometimento da digestibilidade proteica.

Além disso, a inclusão de 20% de DDGS resultou em aumento ($P < 0,01$) na FDNM e no CMFDN (Tabela 4). O DDGS é conhecido por seu elevado teor de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), tradicionalmente considerados antinutricionais para codornas, uma vez que essas aves possuem capacidade limitada para digerir-los (Bederska-Łojewska et al., 2017). Os PNAs também podem interagir com outros componentes dietéticos como lipídios, proteínas e minerais, comprometendo sua digestibilidade e reduzindo o aproveitamento nutricional (Ali et al., 2022), o que limita a inclusão de DDGS na dieta dessas aves.

No entanto, os resultados do presente estudo indicam que a inclusão de 20% de DDGS favoreceu o aproveitamento da fibra, evidenciado pelos valores de FDNM e CMFDN. Esses resultados sugerem uma adaptação fisiológica do trato gastrointestinal das codornas, provavelmente mediada pela modulação da microbiota intestinal, o que tem sido confirmado em diversos estudos (Röhe e Zentek, 2021; Singh e Kim, 2021; Tejeda e Kim, 2021; Zhang et al., 2023).

Embora a produção de enzimas fibrolíticas em não ruminantes seja limitada, a inclusão de fibras na dieta estimula as bactérias benéficas do intestino grosso, especialmente no ceco, a degradar fibras dietéticas (Liu et al., 2021), como os PNAs solúveis (Nguyen et al., 2021), principalmente, a hemicelulose, arabinoxilano presente em elevada concentração no DDGS (Pedersen et al., 2014).

Tais bactérias, possuem a capacidade de degradar essas moléculas por meio do efeito fibrolítico, que pode ser mediado tanto de forma física, por meio de pressão mecânica, permitindo que as bactérias perfurem a cutícula fibrosa (Ryder et al., 2022), quanto pela liberação de enzimas ativas em carboidratos (CAZimas), que atuam de forma

independente sobre diferentes polissacarídeos (Seppälä et al., 2017; Li et al., 2022). Esse processo fermentativo resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como os ácidos butírico, acético e propiônico, que são benéficos para o crescimento de bactérias comensais e para a produção de glicose (Deehan et al., 2017; Morgan, 2023).

A produção de AGCC também modula o tamanho e a composição do pool de ácidos biliares, influenciando a sinalização celular (Arab et al., 2017) e estimulando a proliferação de enterócitos, o que melhora a absorção intestinal (Jha et al., 2021). Esse efeito foi demonstrado por Amaral et al. (2022), que observaram aumento no comprimento do jejuno e do íleo de codornas alimentadas com dietas contendo DDGS, contribuindo para uma maior eficiência na retenção de nutrientes. É possível que um efeito semelhante tenha ocorrido no presente estudo, compensando eventuais perdas de energia associadas aos lipídios.

Os valores de EMA e do CMAEB foram semelhantes entre os tratamentos, com médias de 3.178 kcal/kg de MS e 62,38%, respectivamente. Da mesma forma, a EMAn e o CMEBn também não apresentaram diferenças com médias de 3.104 kcal/kg de MS e 91%, respectivamente (Tabela 4). Esses resultados, diferem dos observados por Moreno et al. (2023), que ao avaliarem a inclusão de 20% de DDGS na alimentação de codornas poedeiras, com 32 dias de idade, relataram valores EMA e EMAn de 2.610 kcal/kg de MS e 2.466 kcal/kg de MS, respectivamente.

No entanto, é importante destacar que, no presente estudo, as codornas tinham 54 semanas de idade (382 dias), apresentando um sistema digestivo mais maduro, o que pode justificar a maior eficiência na metabolização da MS e do EE e, consequentemente, na EMA e na EMAn. Além disso, o valor de EB do DDGS utilizado no presente estudo (Tabela 3) foi superior aos 4.465 kcal/kg de MS relatados por Moreno et al. (2023).

Experimento II – Desempenho e qualidade de ovos

Na avaliação do desempenho produtivo das codornas, as dietas experimentais não influenciaram as variáveis MO, CR, CAMO, CADZ e PRO, com médias de 10,07 g/ave/dia; 25,09 g/ave/dia; 2,50 kg/kg; 1,00 kg/dz e 92,22%, respectivamente (Tabela 5).

Esse resultado pode ser atribuído aos valores semelhantes observados para a PBM, CMPB, EMA, EMAn, CMAEB e CMEBn, conforme evidenciado no Experimento 1 (Tabela 4), uma vez que esses parâmetros atuam de forma equilibrada no atendimento às exigências proteicas e energéticas das codornas em fase de produção (Rostagno e Albino, 2024). Os resultados obtidos estão de acordo com os de Amaral et al. (2021), que, ao avaliarem dietas com inclusão de 5, 10, 15 e 20% de DDGS em codornas japonesas com 23 semanas de idade, também não observaram diferenças nessas variáveis.

Da mesma forma, a inclusão de DDGS não influenciou as características de qualidade dos ovos, incluindo PO, GE, PA, PG e PC, com médias de 10,95 g; 1,07 g; 62,46%; 28,19% e 7,96%, respectivamente (Tabela 6). Resultados semelhantes foram relatados por Amaral et al. (2021), ao avaliarem a inclusão de até 20% de DDGS na dieta de codornas japonesas com 23 semanas de idade, também sem observar efeitos sobre essas variáveis. A UH e o IG também não foram afetados, apresentando médias de 0,48 e 93,85, respectivamente (Tabela 6), valores próximos aos reportados por Salih et al. (2023), que observaram médias de 0,49 e 90,65 em ovos de codornas japonesas aos 56 dias de idade.

Por outro lado, foi observado um aumento linear ($P < 0,001$) na COR à medida que o nível de DDGS na dieta aumentou (Tabela 6). Corroborando com esses resultados, Bittencourt et al. (2019), também verificaram aumento linear na pigmentação da gema com a inclusão de DDGS na dieta de codornas japonesas de 23 a 31 semanas de idade. De acordo com Jiang et al. (2013), esse efeito é atribuído ao teor de xantofilas presente

no milho, aproximadamente 20 ppm, cuja concentração pode triplicar após o processo de fermentação que remove o amido, intensificando a coloração da gema.

Houve efeito quadrático ($P < 0,01$) para EC com máxima estimativa de 21% de DDGS na dieta (Tabela 6). Abousekken (2014), que ao substituir milho e farelo de soja por DDGS (0 a 20%) em dietas para codornas japonesas com seis semanas de idade, observou aumento linear na retenção de cálcio e fósforo com o aumento dos níveis de inclusão. Adicionalmente, Amaral et al. (2022) demonstraram que a adição de DDGS na dieta de codornas japonesas promove um aumento no comprimento do jejuno e do íleo, o que pode contribuir para uma maior eficiência na absorção e retenção de nutrientes.

De acordo com Athanasiadou et al. (2018) e Stanquevis et al. (2021), a maior retenção de minerais, especialmente cálcio e fósforo, influencia positivamente a formação e a espessura da casca dos ovos, considerando que aproximadamente 95% da casca é composta por minerais e apenas 3,5% por matéria orgânica. O DDGS utilizado neste estudo apresentou um teor de 5,01% de MM (Tabela 3), valor superior ao relatado por Corassa et al. (2024), que avaliaram DDGS provenientes de quatro indústrias e observaram teores variando entre 2,42% e 3,50%.

Nesse contexto, é provável que a maior disponibilidade de minerais no DDGS utilizado, aliada ao possível aumento na retenção desses minerais pelas codornas com a inclusão de até 21% do DDGS, tenha contribuído para o aumento da EC. Por outro lado, a redução na EC observada a partir de 21% de inclusão (Tabela 6) pode estar relacionada ao aumento no teor de FDN (Tabela 3) e, possivelmente, dos PNAs oriundo do DDGS presentes na dieta, tornando esse nível de inclusão ou superiores discutíveis.

Os PNAs solúveis possuem alta capacidade de absorção de água, o que aumenta a viscosidade da digesta e interfere na difusão eficiente dos nutrientes, prejudicando sua degradação e transporte pelas enzimas endógenas na superfície da mucosa (Bederska-

Łojewska et al., 2017). Portanto, níveis muito elevados de PNAs na ração podem acelerar a taxa de passagem da digesta e dos nutrientes pelo trato gastrointestinal, o que pode limitar ou até comprometer o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos (Thebaudin et al., 1997; Adhikari et al., 2018; Raza et al., 2019).

Contudo, no presente estudo, a inclusão de DDGS não comprometeu o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos das codornas, pelo contrário, favoreceu algumas características como a EC e COR. A EC possui grande relevância para a indústria alimentícia, uma vez que diversos pesquisadores (Athanasiadou et al., 2018; Chen et al., 2019; Veldsman et al., 2020) têm destacado sua importância na proteção do ovo contra impactos mecânicos, desidratação, radiação ultravioleta e contaminação por microrganismos, além de contribuir para o equilíbrio da perda de vapor de água.

Além disso, a COR destaca-se como uma das características sensoriais mais valorizadas pelos consumidores de ovos, pois é frequentemente associada ao valor nutricional (Raddatz-Mota et al., 2017; Lima et al., 2022; Altmann et al., 2023). Em uma pesquisa conduzida por Berkhoff et al. (2020), a cor da gema foi indicada como o principal atributo físico considerado na escolha do ovo, seguida pela qualidade da casca.

Dessa forma, a utilização de DDGS na dieta de codornas japonesas pode ser uma estratégia viável para a valorização comercial do produto, uma vez que contribui para a intensificação da coloração da gema, atributo sensorial determinante no comportamento de compra.

CONCLUSÕES E APLICAÇÕES

Conclui-se que a EMAn do DDGS, para codornas em fase de postura, é de 3.104 kcal/kgMS e que a inclusão de até 32% de DDGS em suas dietas não prejudica o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, e intensifica a coloração da gema.

O DDGS pode ser utilizado estrategicamente na formulação de dietas para codornas, proporcionando benefícios nutricionais e econômicos, ao reduzir a dependência de ingredientes tradicionais e mitigar os impactos da volatilidade de preços na alimentação das aves.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abousekken, M. S. M. 2014. Use of corn Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in laying quail diets. Egypt. Poult. Sci. J. 34:681–703. doi.org/10.21608/epsj.2014.5364
- Adhikari, P., D. E. Cosby, N. A. Cox, M. S. Franca, S. M. Williams, R. M. Gogal Jr., C. W. Ritz, and W. K. Kim. 2018. Effect of dietary fructooligosaccharide supplementation on internal organs Salmonella colonization, immune response, ileal morphology, and ileal immunohistochemistry in laying hens challenged with Salmonella enteritidis. Poult. Sci. 97:2525–2533. doi.org/10.3382/ps/pey101.
- Ali, Q., S. Ma, S. La, Z. Guo, B. Liu, Z. Gao, U. Farooq, Z. Wang, X. Zhu, Y. Cui, D. Li, and Y. Shi. 2022. Microbial short-chain fatty acids: a bridge between dietary fibers and poultry gut health - A review. Anim Biosci. 35:1461–1478. doi:10.5713/ab.21.0562.
- Altmann, B. A., A. Trinks, D. Mörlein. 2023. Consumer preferences for the color of unprocessed animal foods. J Food Sci. 88:909–925. doi: 10.1111/1750-3841.16485.
- Amaral, E. F. F., T. M. Bittencourt, H. J. D'. Lima, C. S. Quirino, I. D. B. Pereira, and C. M. M. Amorim. 2021. Grãos secos de destilaria de milho na recria de codornas japonesas e sua repercussão na fase de produção. Rev. Acad. Ciênc. Anim. 19:1–6. doi.org/10.7213/acad.2021.19008.

- Amaral, E. F. F., H. J. L. D'Avila, T. M. Bittencourt, C. S. Quirino, M. M. V. MARTINS, and J. M. FREITAS. 2022. Productive performance and intestinal biometry of Japanese quail fed with dried corn distillery grains in the rearing phase. *Arch. Vet. Sci.* 27:65–75.
- Arab, J. P., S. J. Karpen, P. A. Dawson, M. Arrese, and M. Trauner. 2017. Bile acids and nonalcoholic fatty liver disease: molecular insights and therapeutic perspectives. *Hepatology*, 65:350-362. doi: 10.1002/hep.28709.
- Athanasiadou, D, W. Jiang, D. Goldbaum, A. Saleem, K. Basu, M. S. Pacella, C. F. Böhm, R. R. Chromik, M. T. Hincke, A. B. Rodríguez-Navarro, H. Vali, S. E. Wolf, J. J. Gray, K. H. Bui, and M. D. McKee. 2018. Nanostructure, osteopontin, and mechanical properties of calcitic avian eggshell. *Sci. Adv.* 4:eaar3219. doi: 10.1126/sciadv.aar3219.
- Bayram, İ., and A. B. Akkaya, 2018. The use of l-carnitine and oregano as feed additives in alternative forced molting programmes in laying hens. *Kocatepe Vet. J.* 11:434–446. doi.org/10.30607/kvj.442717.
- Bederska-Łojewska, D., S. Świątkiewicz, A. Arczewska-Włosek, and T. Schwarz. 2017. Rye non-starch polysaccharides: Their impact on poultry intestinal physiology, nutrients digestibility and performance indices—A review. *Ann. Anim. Sci.* 17:351–369. <https://doi.org/10.1515/aoas-2016-0090>.
- Berkhoff, J., C. Alvarado-Gilis, J. P. Keim, J. A. Alcalde, E. Vargas-Bello-Pérez, M. Gandarillas. 2020. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs from family farms. *Poult Sci.* 99:6239–6246. doi: 10.1016/j.psj.2020.06.064.
- Bittencourt, T. M., H. J. D'. Lima, J. K. Valentim, A. C. S. Martins, D. D. Moraleco, and B. C. Vaccaro. 2019. Distillers dried grains with solubles from corn in diet of japanese quails. *Acta Sci. Anim. Sci.* 41:1–7. doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.42749.

- Buenavista, R. M. E., K. Siliveru, and Y. Zheng. 2021. Utilization of distiller's dried grains with solubles: A review. *J. Agric. Food Res.* 5:1–9. doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100195.
- Chen, X., X. Li, Y. Guo, W. Li, J. Song, G. Xu, N. Yang, and J. Zheng. 2019. Impact of cuticle quality and eggshell thickness on egg antibacterial efficiency. *Poult. Sci.* 98:940–948. doi: 10.3382/ps/pey369.
- Corassa, A., T. I. S. Santos, D. R. Silva, I. W. W. Straub, A. P. S. Ton, M. Sbardella, C. Kiefer, C. O. Brito, and A. O. Teixeira. 2024. Características nutricionais de grãos secos destilados com solúveis e seus efeitos no desempenho e viabilidade econômica para suínos. *Ciênc. Anim. Bras.* 25:1–15. doi.org/10.1590/1809-6891v25e-77350P.
- Cunha, A.M., M. R. C. Lélis, P. Linck. 2021. Flutuações no nível de atividade e os ciclos de preços de commodities: evidências para o Brasil. *Brazil. J. Polit. Econ.* 41:466–486. doi.org/10.1590/0101-31572021-3164.
- Deehan, E. C., R. M. Duar, A.M. Armet, M.E. Perez-Munoz, M. Jin, J. Walter. 2017. Modulation of the gastrointestinal microbiome with nondigestible fermentable carbohydrates to improve human health. *Microb Spect.* 5:1-24. doi: 10.1128/microbiolspec.BAD-0019-2017.
- Detmann, E., M. A. Souza, S. C. Valadares Filho, A. C. Queiroz, T. T. Berchielli, E. O. S. Saliba, L. S. Cabral, D. S. Pina, M. M. Ladeira, and J. A. G. Azevedo. 2012. Métodos para análise de alimentos: INCT – Ciência Animal. 1ª ed. Editora UFV, Visconde do Rio Branco-MG.
- El-Hack, M. E. A., K. M. Mahrose, F. A. M. Attia, A. A. Swelum, A. E. Taha, R. S. Shewita, E.-S. Hussein, and A.N. Alowaimer. 2019. Laying performance, physical, and internal egg quality criteria of hens fed distillers dried grains with solubles and exogenous enzyme mixture. *Animals* 9:1–17. doi.org/10.3390/ani9040150.

- Ferket, P. R., and A. G. Gernat. 2006. Factors that affect feed intake of meat birds: A review. *Int. J. Poult. Sci.*, 5:905–911. <https://doi.org/10.3923/ijps.2006.905.911>.
- Jha, R., and P. Mishra. 2021. Dietary fiber in poultry nutrition and their effects on nutrient utilization, performance, gut health, and on the environment: a review. *J Animal Sci Biotechnol.* 12:1-16. doi.org/10.1186/s40104-021-00576-0.
- Jiang, W., L. Zhang, and A. Shan. 2013. The effect of vitamin E on laying performance and egg quality in laying hens fed corn dried distillers grains with solubles, *Poult. Sci.* 92:2956–2964. doi.org/10.3382/ps.2013-03228.
- Li, W., L. Zhao, and X. He. 2022. Degradation potential of different lignocellulosic residues by *Trichoderma longibrachiatum* and *Trichoderma afroharzianum* under solid state fermentation. *Process Biochem.* 112:6-17. doi.org/10.1016/j.procbio.2021.11.011.
- Lima, D. N., D. C. O. Carvalho, G. C. Gois, A. A. Vieira, E. A. Moraes, K. V. Antunes, M. A. A. Queiroz, S. R. F. Pinheiro, C. O. Brito. 2022. Yolk color and sensory analysis of eggs of common quails (*Coturnix coturnix coturnix*) fed sorghum-based diet with the addition of annatto seed meal (*Bixa orellana* L.). *Revista de Ciências Agroveterinárias*, 4:497–503. [doi:10.5965/223811712142022497](https://doi.org/10.5965/223811712142022497).
- Liu, L., Q. Li, Y. Yang, and A. Guo. 2021. Biological Function of Short-Chain Fatty Acids and Its Regulation on Intestinal Health of Poultry. *Front Vet Sci.* 18:736739. [doi: 10.3389/fvets.2021.736739](https://doi.org/10.3389/fvets.2021.736739).
- Masenyana, T. I., V. Mlambo, and C. M. Mnisi. 2021. Complete replacement of maize grain with sorghum and pearl millet grains in jumbo quail diets: Feed intake, physiological parameters, and meat quality traits. *PLoS One* 16:1–13. doi.org/10.1371/journal.pone.0249371.
- Matterson, L. D., L. M. Potter, and M. W. Stutz. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Res. Rep. Conn. Agric. Exp. Stn.* 7:3–11.

- Moreno, F. L.V., M. Sbardella, A. Corassa, L. Freitas, C. V. Araújo, B. Silva, and A. P. Ton, 2023. Performance and carcass of broiler quails fed distillers' dried grains with solubles (DDGS). *Braz. J. Poult. Sci.* 25:1–12. doi.10.1590/1806-9061-2022-1733.
- Morgan, K.N. 2023. Advances in prebiotics for poultry: role of the caeca and oligosaccharides. *Anim. Prod. Sci.* 63:1911-1925. doi.org/10.1071/AN23011.
- Nguyen, H. T., M. R. Bedford, and N. K. Morgan. 2021. Importance of considering non-starch polysaccharide content of poultry diets. *World's Poult. Sci. J.* 77:619–637. doi.org/10.1080/00439339.2021.1921669.
- Pedersen, M. B., S. Dalsgaard, K. E. B. Knudsen, S. Yu, and H. N. Laerke. 2014. Compositional profile and variation of Distillers Dried Grains with Solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197:130–141. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.011.
- Raddatz-Mota, D., L. J. Pérez-Flores, F. Carrari, J. A. Mendoza-Espinoza, F. D. de León-Sánchez, L. L. Pinzón-López, G. Godoy-Hernández, F. Rivera-Cabrera. 2017. Achiote (*Bixa orellana* L.): a natural source of pigment and vitamin E. *J Food Sci Technol.* 54:1729–1741. doi: 10.1007/s13197-017-2579-7.
- Raza, A, S. Bashir, and R. Tabassum. 2019. An update on carbohydrases: growth performance and intestinal health of poultry. *Heliyon*, 5:1–17. doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01437.
- Röhe, I., and J. Zentek. 2021. Lignocellulose as an insoluble fiber source in poultry nutrition: a review. *J Anim Sci Biotechnol.* 12:1–15. doi.org/10.1186/s40104-021-00594-y.
- Rostagno, H.S., and L. F. T. 2024. Albino. *Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos - Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais*. 5ª ed., Produção Independente, Viçosa-MG.

- Ryder, L.S., N. Cruz-Mireles, C. Molinari, I. Eisermann, A. B. Eseola, and N. J. Talbot. 2022. The appressorium at a glance. *J. Cell Sci.* 135:1-8. doi.org/10.1242/jcs.259857.
- Sakomura, N.K., and H. S. Rostagno. 2015. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ª ed., Editora Funep, Jaboticabal-SP.
- Salih, J. H., A. M. Hassan, and S. H. Hussen. 2023. A study of egg quality characteristics for two Asiatic (*Coturnix japonica*) and two European (*Coturnix coturnix*) quail lines IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 1252:1–9, 2023. doi.org/10.1088/1755-1315/1252/1/012139.
- Sari, M., M. Tilki, and M. SaatçI. 2016. Genetic parameters of egg quality traits in long-term pedigree recorded Japanese quail. *Poult Sci.* 95:1743–1749. doi.org/10.103382/ps/pew118.
- Seppälä, S., S. E. Wilken, D. Knop, K. V. Solomon, and M. A. O'malley. 2017. The importance of obtaining enzymes from unconventional fungi for metabolic engineering and biomass degradation. *Metab. Eng.* 44:45-59. doi.org/10.1016/j.ymben.2017.09.008.
- Silva, B. C. R., A. P. S. Ton, F. L. V. Moreno, and L. W. F. Freitas. 2021. Use of corn ethanol co-product in poultry feed: Review. *Res. Soc. Dev.* 10:1–14. doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13891.
- Silversides, F. G., and K. Budgell. 2004. The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poult. Sci.* 83:1619–1623. doi:10.1093/ps/83.10.1619.
- Singh, A. K., and W.K. Kim. 2021. Effects of dietary fiber on nutrients utilization and gut health of poultry: A review of challenges and opportunities. *Animals* 11:1–18. doi.org/10.3390/ani11010181.
- Stanquevis, C. E. A. C. Furlan, S. M. Marcato, T. M. Oliveira-Bruxel, T. P. Perine, E. M. Finco, E. T. Grecco, M. I. Benites, and V.T. Zancanela. 2021. Calcium and available

- phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage. *Poult Sci.* 100:147–158. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.030>.
- Tejeda, J. O., and W. K. Kim. 2021. Role of dietary fiber in poultry nutrition. *Animals* 11:1–16. doi.org/10.3390/ani11020461.
- Thebaudin, J. Y., A. C. Lefebvre, M. Harrington, and C. M. Bourgeois. 1997. Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends Food Sci. Technol.* 8:41–48. [doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01007-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01007-8).
- Veldsman, L. M., H. Kylin, P. Bronkhorst, I. Engelbrecht, and H. Bouwman. 2020. A method to determine the combined effects of climate change (temperature and humidity) and eggshell thickness on water loss from bird eggs. *Environ. Geochem. Health* 42:781–793. doi: 10.1007/s10653-019-00274-x.
- Zaheer, K. 2015. An updated review on chicken eggs: Production, consumption, management aspects and nutritional benefits to human health. *Food Sci Nutr.* 6:1208–1220. doi.org/10.4236/fns.2015.613127.
- Zhang, C., E. Hao, X. Chen, C. Huang, G. Liu, H. Chen, D. Wang, L. Shi, F. Xuan, D. Chang, and Y. Chen. 2023. Dietary fiber level improve growth performance, nutrient digestibility, immune and intestinal morphology of broilers from day 22 to 42. *Animals* 13:1–14. doi.org/10.3390/ani13071227.

TABELAS

Tabela 1. Composição centesimal, química e energética da ração referência para codornas na fase de postura

Ingredientes	Quantidade (kg)
Milho	54,70
Farelo de soja (45%)	32,79
Calcário calcítico	7,27
Óleo de soja	2,79
Fosfato bicálcico	1,19
DL-Metionina	0,40
Sal comum	0,35
Premix ¹	0,20
L-Lisina HCL	0,18
L-Treonina	0,03
BHT ²	0,01
Total	100,00
Valores Calculados	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.800
Proteína bruta (%)	19,00
Cálcio (%)	3,15
Lisina digestível (%)	1,10
Metionina + cistina digestível (%)	0,90
Treonina digestível (%)	0,67
Fósforo disponível (%)	0,32
Triptofano digestível (%)	0,23
Sódio (%)	0,15

¹Suplementação vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A: 4.600.000 UI; Vit. D3: 1.200.000 UI; Vit. E: 8.000 mg; Vit. B1: 980 mg; Vit. B2: 2.400 mg; Vit. B6: 1.188 mg; Vit. B12: 8.000 mcg; Vit. K3: 1.144 mg; Pantotenato de Cálcio: 6.080 mg; Niacina: 15.000 mg; Ácido Fólico: 380 g; Biotina: 32 g; Colina: 140.000 mg; Antioxidante: 5.000 mg; Zinco: 30 mg; Ferro: 23 mg; Manganês: 32 mg; Cobre: 4.500 mg; Cobalto: 100 mg; Iodo: 500 mg; Selênio: 176 mg; Etoxiquin: 25 mg; Veículo Q.S.P.: 1.000 g; BHA: 20 mg.

²Butil Hidroxi Tolueno.

Tabela 2. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas na fase de postura

Ingredientes	Inclusão de DDGS (%)				
	0	8	16	24	32
Milho	58,30	55,71	53,10	50,53	47,91
Farelo de soja (45%)	30,56	25,27	20,00	14,00	9,43
DDGS de milho	-	8,00	16,00	24,00	32,00
Carbonato de cálcio	6,83	6,98	7,13	7,29	7,44
Óleo de soja	1,35	1,11	0,87	0,62	0,38
Fosfato bicálcico	1,26	1,08	0,90	0,72	0,54
Inerte	0,42	0,42	0,43	0,44	0,45
DL-Metionina	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Sal comum	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37
L-Lisina HCL	0,22	0,32	0,41	0,51	0,61
Premix ¹	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
L-Treonina	0,03	0,05	0,07	0,10	0,12
L-Triptofano	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10
BHT ²	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	100	100	100	100	100
Valores Calculados					
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800
Proteína bruta (%)	19,00	19,00	19,00	19,00	19,00
Fibra insolúvel em detergente neutro (%)	12,20	13,82	15,43	17,05	18,67
Cálcio (%)	3,16	3,16	3,16	3,16	3,16
Fósforo disponível (%)	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Sódio (%)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Lisina digestível (%)	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11
Metionina digestível (%)	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70
Metionina + cistina digestível (%)	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
Treonina digestível (%)	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
Triptofano digestível (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Valina digestível (%)	0,79	0,77	0,76	0,74	0,72
Isoleucina digestível (%)	0,72	0,71	0,67	0,64	0,61
Leucina digestível (%)	1,49	1,54	1,58	1,62	1,67

¹Suplementação vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg do produto); Vit. A: 4.600.000 UI; Vit. D3: 1.200.000 UI; Vit. E: 8.000 mg; Vit. B1: 980 mg; Vit. B2: 2.400 mg; Vit. B6: 1.188 mg; Vit. B12: 8.000 mcg; Vit. K3: 1.144 mg; Pantotenato de Cálcio: 6.080 mg; Niacina: 15.000 mg; Ácido Fólico: 380 g; Biotina: 32 g; Colina: 140.000 mg; Antioxidante: 5.000 mg; Zinco: 30 mg; Ferro: 23 mg; Manganês: 32 mg; Cobre: 4.500 mg; Cobalto: 100 mg; Iodo: 500 mg; Selênio: 176 mg; Etoxiquin: 25 mg; Veículo Q.S.P.: 1.000 g; BHA: 20 mg.

²Butil Hidroxi Tolueno.

Tabela 3. Composição química dos grãos secos de destilarias com solúveis, expressos com base na matéria seca

Item	Valores (%)	
Matéria seca	89,31	
Proteína bruta	34,63	
Extrato etéreo	6,67	
Fibra insolúvel em detergente neutro	37,10	
Fibra insolúvel em detergente ácido	10,45	
Matéria orgânica	94,99	
Matéria mineral	5,01	
Energia bruta (kcal/kg)	5.095	
	Total (%)	Digestível ¹ (%)
Triptofano	0,250	0,165
Cistina	0,570	0,333
Metionina	0,590	0,483
Lisina	0,870	0,533
Histidina	0,800	0,583
Metionina + cisteína	-	0,816
Treonina	1,180	0,826
Isoleucnina	1,300	0,975
Arginina	1,200	0,996
Valina	1,6100	1,193
Fenilalanina	1,540	1,300
Leucina	3,550	2,936

¹ Aminoácido digestível ileal estandardizado

Tabela 4. Teores e coeficiente de metabolizabilidade dos nutrientes e da energia dos grãos secos de destilarias com solúveis para codornas japonesas na fase de postura, expressos em porcentagem com base na matéria seca

Item ¹	Nível de inclusão (%)		Média	EPM ²	p – valor
	10	20			
MSM – %	75,36	75,42	75,39	0,30	0,70
CMMS – %	84,38	84,45	84,41	0,32	0,70
EEM – %	4,77a	4,76b	4,76	0,05	0,02
CMEE – %	71,37b	71,56a	71,46	0,18	0,01
PBM – %	10,35	10,34	10,34	0,28	0,92
CMPB – %	29,89	29,85	29,87	0,48	0,91
FDNM – %	7,66b	7,86a	7,76	0,15	<0,01
CMFDN – %	20,67b	21,18a	20,92	0,25	<0,01
MOM – %	70,00b	70,30a	70,15	0,26	0,03
CMOM – %	82,52b	82,87a	82,69	0,29	0,03
EMA – kcal/kg	2.970	3.387	3.178	0,52	0,36
CMAEB – %	57,76	66,48	62,38	2,34	0,36
EMAn – kcal/kg	2.943	3.265	3.104	0,46	0,36
CMEBn – %	58,28	64,07	60,91	2,04	0,36

¹MSM: matéria seca metabolizável; CMMS: coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca; EEM: extrato etéreo metabolizável; CMEE: coeficiente de metabolizabilidade do extrato etéreo; PBM: proteína bruta metabolizável; CMPB: coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta; FDNM: fibra em detergente neutro metabolizável; CMFDN: coeficiente de metabolizabilidade da fibra em detergente neutro; MOM: matéria orgânica metabolizável; CMMO: coeficiente de metabolizabilidade da matéria orgânica; EMA: Energia metabolizável aparente; EMAn: Energia metabolizável corrigida para o balanço de nitrogênio; CMAEB: coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta; CMEBn: coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta corrigida para o balanço de nitrogênio.

²Erro padrão da média.

* Médias seguidas de letras minúsculas na mesma linha diferem pela análise de variância (ANOVA) ($P \leq 0,05$).

Tabela 5. Desempenho de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo grãos secos de destilarias com solúveis

Item ¹	Níveis de DDGS (%)					Média	EPM ²	p – valor ³	
	0	8	16	24	32			L	Q
MO (g/ave/dia)	10,19	9,69	9,96	10,43	10,21	10,07	0,14	0,43	0,59
CR (g/ave/dia)	25,28	24,23	24,51	25,62	25,83	25,09	0,23	0,12	0,06
CAMO (kg/kg)	2,49	2,52	2,46	2,46	2,55	2,50	0,03	0,81	0,73
CADZ (kg/dz)	1,00	0,99	1,00	0,97	1,02	1,00	0,01	0,86	0,73
PRO (%)	92,41	89,98	89,37	96,35	93,00	92,22	1,26	0,40	0,61

¹MO: massa de ovo; CR: consumo de ração; CAMO: conversão alimentar por massa de ovo; CADZ: conversão alimentar por dúzia de ovo; PRO: produção de ovos.

²EPM: erro padrão da média.

³Efeitos linear (L) e quadrático (Q) relacionados aos níveis de inclusão de DDGS nas dietas.

Tabela 6. Qualidade dos ovos de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo grãos secos de destilarias com solúveis

Item ¹	Níveis de DDGS (%)					Média	EPM ⁴	p – valor ⁵	
	0	8	16	24	32			L	Q
PO (g)	11,02	10,78	11,16	10,83	10,98	10,95	0,06	0,92	0,97
GE (g, ml ⁻¹)	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	0,01	0,27	0,12
PA (%)	61,48	62,12	62,85	63,06	62,79	62,46	0,36	0,16	0,27
PG (%)	27,93	28,47	27,94	28,37	28,25	28,19	0,15	0,62	0,85
PC (%)	8,02	8,07	7,88	7,97	7,85	7,96	0,05	0,19	0,41
UH	93,04	91,78	92,25	94,46	97,70	93,85	0,34	0,41	0,69
IG	0,47	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48	0,01	> 0,05	> 0,05
COR ²	4,10	4,16	4,52	4,27	4,77	4,35	0,06	< 0,001	0,49
EC (mm) ³	0,19	0,19	0,19	0,20	0,19	0,19	0,01	< 0,001	< 0,001

¹PO: peso médio do ovo; GE: gravidade específica; PA: percentagem de albúmen; PG: percentagem de gema; PC: percentagem de casca; UH: unidade Haugh; IG: índice de gema; COR: coloração da gema; EC: espessura da casca.

²COR: $4,0760 + 1,8037x$; $R^2 = 0,68$

³EC: $0,1851 + 0,1051x - 0,24845x^2 = 0,21$; $R^2 = 0,82$.

⁴EPM: erro padrão da média.

⁵Efeitos linear (L) e quadrático (Q) relacionados aos níveis de inclusão de DDGS nas dietas.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dietas comumente fornecidas para codornas são predominantemente compostas por milho e farelo de soja, ingredientes de excelente qualidade nutricional, porém sujeitos à constante volatilidade de preços, o que eleva o custo da alimentação.

O presente estudo evidencia que a utilização de DDGS constitui uma alternativa viável na alimentação de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) em fase de postura, possibilitando a substituição parcial dos ingredientes convencionais da dieta. A inclusão de até 32% de DDGS não compromete o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, promovendo ainda a intensificação da coloração da gema, considerada o principal atributo sensorial relacionado à preferência do consumidor no momento da compra.

Contudo, é fundamental destacar que a utilização do DDGS requer uma análise criteriosa da origem e tipo de grão empregado em sua produção e dos métodos adotados no processo produtivo, considerando a ausência de padronização dos métodos de fabricação, o que pode comprometer a sua qualidade nutricional. Com processos de produção uniformes, é possível controlar as variações nos teores de proteína, fibra, lipídios e minerais, proporcionando maior previsibilidade nas dietas formuladas para a alimentação animal, especialmente para aves, visto que a maior parte desse coproduto é destinada a essa finalidade.

Além disso, é fundamental avaliar os custos logísticos, especialmente o transporte até o produtor, visto que as indústrias de etanol estão estrategicamente localizadas próximas aos grandes produtores de grãos. Essa distribuição geográfica pode dificultar o acesso ao DDGS, encarecendo sua utilização.

Por fim, ressalta-se a necessidade de estudos que avaliem os efeitos da inclusão do DDGS na alimentação de codornas japonesas em diferentes idades, fases produtivas e níveis de inclusão, uma vez que, no Brasil, essa é a codorna mais difundida, tendo a produção de ovos como principal objetivo. Essas pesquisas são essenciais para ampliar a compreensão sobre o potencial desse coproduto na nutrição dessas aves, além de contribuir para o aumento de sua utilização e para a maior eficiência do setor.