

Farelo de açaí (*Euterpe precatoria*) como alimento alternativo em dietas para poedeiras comerciais leves

Açaí bran as an alternative food to diets for commercial laying hens

João Paulo Ferreira Rufino¹, Frank George Guimarães Cruz², Pedro Alves de Oliveira Filho³, Francisco Alberto de Lima Chaves⁴, Marco Antonio de Freitas Mendonça⁵, Joel Lima da Silva Junior⁶

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão do farelo de açaí (FA) em dietas para poedeiras comerciais leves e os efeitos sobre o desempenho produtivo das aves, a qualidade e as características sensoriais dos ovos. Para formulação das dietas experimentais, foi realizada análise bromatológica do FA (sementes e cascas). O experimento teve duração de 105 dias divididos em cinco períodos de 21 dias. Foram utilizadas 180 poedeiras comerciais da linhagem Hisex White (com 65 semanas de idade) distribuídas em delineamento inteiramente casualizado com o tratamento controle (sem inclusão) e cinco níveis de inclusão (5, 10, 15, 20 e 25 %) de FA nas dietas com cinco repetições de seis aves cada. Os resultados do presente estudo indicaram que a inclusão de até 10% de FA em dietas para poedeiras proporcionou melhores ($p < 0,05$) resultados no desempenho e qualidade e características sensoriais dos ovos. O FA, por apresentar grande teor de fibra na sua composição, principalmente fibra insolúvel, causou efeito negativo ($p < 0,05$) sobre o desempenho, qualidade e características sensoriais dos ovos quando incluído em níveis acima de 10% nas dietas.

Palavras-chave: Alimento alternativo. Aves de postura. *Euterpe precatoria*. Fibra. Ovo.

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effects of açai bran (AB) inclusion in diets for laying hens on performance, quality and sensory characteristics of the eggs. A bromatological analysis of AB (seed and peel, resulting from pulping of açai fruit) was carried out for formulation of experimental diets, which was evaluated in terms of bird performance, quality and sensory characteristics of the eggs. The study lasted 105 days divided into five periods of 21 days. A total of 180 Hisex White laying hens (65-wks-old) were distributed in a completely randomized design with control treatment (without inclusion) and five inclusion levels (5, 10, 15, 20 and 25 %) of AB in the diets with five replicates of six birds. The results of the present study indicated that is possible to include until 10% of AB in diets for laying hens with a positive effect ($p < 0.05$) on performance and egg quality, presenting better eggs sensory characteristics. AB presents a great content of fiber, however, its inclusion above 10% caused a negative effect ($p < 0.05$) on performance, quality and sensory characteristics of eggs.

Keywords: Alternative food. Egg. *Euterpe precatoria*. Fiber. Laying hens.

Autor correspondente: João Paulo Ferreira Rufino

E-mail: joaopaulorufino@live.com

Recebido em: 19/01/2023

Aceito em: 04/05/2023

¹ Doutor em Biotecnologia/ Docente da Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

² Doutor em Biotecnologia/ Docente da Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

³ Doutor em Ciência Animal/ Docente da Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

⁴ Mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia. Técnico Administrativo na Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

⁵ Doutor em Agronomia Tropical/ Docente da Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

⁶ Doutor em Ciências Pesqueiras/Docente da Universidade Federal do Amazonas, Manaus (AM), Brasil.

INTRODUÇÃO

A contínua competição entre humanos e animais pelo uso de commodities, especialmente milho, soja e trigo, tem incentivado o desenvolvimento de estudos sobre alimentos alternativos para a formulação de dietas para os animais de produção (Boggia *et al.*, 2010; He *et al.*, 2015; Sandström *et al.*, 2022). No Brasil, os alimentos alternativos podem oferecer vantagens competitivas para regiões onde há condições ambientais desfavoráveis para a produção local de commodities ou problemas de logística para a aquisição destas, o que ocasiona variações adversas e alto custo nos estoques locais, conseqüentemente, gerando um alto custo das rações e dos produtos finais (Cruz *et al.* 2016; Berchin *et al.* 2019).

Frente a esse cenário, Nascimento (2010), Hanna *et al.* (2013), Rufino *et al.* (2015) e Cruz *et al.* (2016), apontaram a Amazônia como o principal exemplo de região brasileira onde todos esses problemas citados acima podem ser observados. Ao mesmo tempo, esses autores também relataram que a Amazônia apresenta uma grande variedade de espécies nativas com potencial econômico, tecnológico e nutricional para aplicação na nutrição animal como alimentos alternativos.

Dentre estes, o açaí destaca-se como a fruta mais importante da Amazônia, principalmente pelo seu grande teor energético, propriedades farmacêuticas e aplicações medicinais (Queiroz; Melém Júnior, 2001). No aspecto agrônômico, o açaizeiro é classificado em duas espécies, *Euterpe oleracea* Mart., que ocorre na Amazônia Oriental, mais precisamente nos estados do Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins; e *Euterpe precatoria* Mart., encontrada em terras secas ou várzeas dos rios da Amazônia Ocidental, mais precisamente nos estados do Acre, Amazonas e Rondônia (Nascimento, 2010; Silva *et al.*, 2014). É importante destacar que estas duas espécies, apesar das semelhanças, apresentam valor nutricional e rendimentos bem distintos (Silva *et al.*, 2014).

A polpa de açaí é o produto mais importante obtido do processamento do fruto do açaí (Menezes *et al.*, 2008), porém representa apenas 10% da massa total do fruto, sendo as sobras descartadas como resíduo, representando um volume considerável de resíduos anualmente produzidos e descartados de forma inadequada sem entrar em ciclos de reaproveitamento ou economia circular (Jensen *et al.*, 2008). Arruda *et al.* (2018), Rufino *et al.* (2020a,b) e Rufino *et al.* (2021), utilizando o farelo de açaí em dietas de aves, relataram que uma inclusão moderada pode proporcionar bons teores de fibras, além de causar efeito positivo no desempenho e nas funções digestivas. No entanto, ao adicionar alimentos ricos em fibras em dietas de não

ruminantes, os efeitos nutricionais, fisiológicos e de desempenho podem ser variáveis (Mateos *et al.*, 2012; He *et al.*, 2015), principalmente devido à quantidade de celulose incluída, composição e estrutura da fibra utilizada e como essa fibra está associada aos demais nutrientes (Praes *et al.*, 2014; Yokhana *et al.*, 2015; Lannuzel *et al.*, 2022). Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão do farelo de açaí em dietas para poedeiras comerciais leves sobre o desempenho produtivo, qualidade e características sensoriais dos ovos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas, localizado no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil (Latitude de 3° 06' 14" S; Longitude de 59° 58 ' 46" W; e de Altitude 260 m). O protocolo experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (protocolo nº 040/2018) da referida Universidade.

2.1 PROCESSAMENTO DO AÇAÍ

Os resíduos pós-despolpamento do açaí (semente e casca) foram obtidos do comércio local de produtores de polpa de açaí em dois estabelecimentos comerciais localizados na cidade de Manaus. Os resíduos foram coletados imediatamente após a retirada da polpa, sendo transferidos para baldes de 50 litros, transportados para o Setor de Avicultura. Os resíduos passaram por uma seleção manual, para separar a parte que estava em boa qualidade e o material em decomposição foi descartado. Logo após essa seleção, os resíduos foram lavados, secos em estufa a 60 °C por 24 horas e posteriormente triturados em moinho (30CV, NOGUEIRA[®]) de martelos de 16 mm e peneiras de 4 mm para obtenção do produto denominado farelo de açaí (Rufino *et al.*, 2020).

Seis amostras de 600 g do farelo de açaí foram analisadas em triplicata para determinação dos percentuais de matéria seca, proteína bruta, lipídios, cinzas, fibra bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, carboidratos solúveis e energia bruta seguindo os procedimentos descritos pela AOAC (2019). As análises foram realizadas no Laboratório de Forragens e Pastagens da Universidade Federal do Amazonas. A energia metabolizável aparente foi calculada de acordo com o método descrito por Rostagno *et al.* (2017) e considerando os resultados descritos por Rufino *et al.* (2020a).

2.2 ANIMAIS, ARRANJO EXPERIMENTAL E DIETAS

O período experimental teve duração de 105 dias, sendo dividido em cinco períodos de 21 dias. Foram utilizadas 180 poedeiras comerciais da linhagem Hisex White, com 65 semanas de idade, previamente submetidas a um período de sete dias de adaptação às dietas e as instalações. As aves foram pesadas no início do período experimental para uniformização das parcelas, apresentando peso médio de $1,56 \pm 0,058$ kg.

O aviário experimental utilizado possuía 17 m de comprimento, 3,5 m de largura e 3,25 m de pé-direito, com gaiolas de arame galvanizado (altura de 0,45, largura de 0,40 e comprimento de 1,00 m) acomodando 6 aves cada suspensas em linha única, comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*. Foram fornecidas para as aves 16 horas de luz por dia (12 h de luz natural + 4 h de luz natural) ao longo do período experimental.

A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia (9h e 15h), com registro de cada ocorrência diária (mortalidade, número de ovos, entre outros). As variáveis ambientais avaliadas foram a temperatura e a umidade relativa do ar, que também foram registradas duas vezes ao dia (9h e 15h) por meio de um termohigrômetro digital posicionado 30 centímetros acima das gaiolas das galinhas. O resultado médio de temperatura do ar foi de $32,06 \pm 0,02$ °C, enquanto de umidade relativa do ar foi de $62,50 \pm 0,05$ %.

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado constituído pelo tratamento controle (sem inclusão) e cinco níveis de inclusão (5, 10, 15, 20 e 25 %) nas dietas, com cinco repetições de seis aves cada. As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atender às exigências nutricionais das poedeiras utilizando os valores de referência descritos por Rostagno *et al.* (2017) e os valores obtidos para a composição do farelo de açaí. Para fins de comparação, foi realizada análise proximal das dietas para avaliar a precisão do cálculo realizado.

Tabela 1. Composição e valores nutricionais das dietas contendo farelo de açaí utilizadas para aves de postura da linhagem Hisex White

| Ingredientes | Níveis de farelo de açaí | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0% | 5% | 10% | 15% | 20% | 25% |
| Milho (7.88%) | 63,9692 | 57,4358 | 50,4634 | 43,4909 | 36,5184 | 29,5459 |
| Farelo de soja (46%) | 23,5066 | 24,0898 | 24,8582 | 25,6266 | 26,3951 | 27,1635 |
| Farelo de açaí | 0,0000 | 5,0000 | 10,0000 | 15,0000 | 20,0000 | 25,0000 |
| Calcário calcítico | 9,6009 | 9,7668 | 9,7562 | 9,7457 | 9,7351 | 9,7246 |
| Fosfato bicálcico | 1,9829 | 1,7267 | 1,7413 | 1,7560 | 1,7706 | 1,7853 |
| Suplemento Vit. min. ¹ | 0,5000 ¹ | 0,5000 ¹ | 0,5000 ¹ | 0,5000 ¹ | 0,5000 ¹ | 0,5000 ¹ |
| Sal | 0,3500 | 0,3500 | 0,3500 | 0,3500 | 0,3500 | 0,3500 |
| DL-metionina (99%) | 0,0904 | 0,1014 | 0,1076 | 0,1138 | 0,1199 | 0,1261 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Óleo de soja | 0,0000 | 1,0295 | 2,2233 | 3,4170 | 4,6109 | 5,8046 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Nutrientes | Níveis nutricionais | | | | | |
| E.M., kcal.kg ⁻¹ | 2.750,50 | 2.750,50 | 2.750,50 | 2.750,50 | 2.750,50 | 2.750,50 |
| Proteína bruta, % | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 | 16,000 |
| Cálcio, % | 4,200 | 4,200 | 4,200 | 4,200 | 4,200 | 4,200 |
| Fósforo disponível, % | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,450 | 0,450 |
| Fibra bruta, % | 2,505 | 3,689 | 4,873 | 6,057 | 7,241 | 8,425 |
| Metionina, % | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 | 0,350 |
| Metionina + Cistina, % | 0,600 | 0,598 | 0,591 | 0,584 | 0,576 | 0,569 |
| Lisina, % | 0,803 | 0,806 | 0,812 | 0,817 | 0,823 | 0,828 |
| Treonina, % | 0,625 | 0,615 | 0,607 | 0,598 | 0,590 | 0,581 |
| Triptofano, % | 0,191 | 0,192 | 0,193 | 0,193 | 0,194 | 0,195 |
| Sódio, % | 0,156 | 0,155 | 0,154 | 0,152 | 0,151 | 0,150 |

¹ Níveis garantidos por quilograma do produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, pantotenato de cálcio 2.000 mg, ácido fólico 50 mg, coccidiostático 12.000 mg, colina 50.000 mg, cobre 1.200 mg, ferro 6.000 mg, manganês 14.000 mg, zinco 10.000 mg, iodo 100 mg. Selênio 40 mg. Veículo q.s.p. 1.000 gr.

2.3 ANÁLISES EXPERIMENTAIS

As aves tiveram seu desempenho avaliado de acordo a metodologia descrita por Rufino *et al.* (2021), sendo a cada período de 21 dias aferidos o consumo de ração animal (g/ave/dia), consumo de proteína (g/ave/dia), consumo de energia (g/ave/dia), produção de ovos (%), conversão alimentar (kg de ração por kg de ovo produzido – kg/kg), conversão alimentar (kg de ração por dúzia de ovos produzidos – kg/dz) e massa de ovos (g) de cada repetição. Nos dois últimos dias de cada período, quatro ovos de cada repetição foram selecionados aleatoriamente para analisar a sua qualidade de acordo com a metodologia descrita por Brasil *et al.* (2019) e Rufino *et al.* (2021). As variáveis de qualidade dos ovos avaliadas foram: o peso do ovo (g), percentagem de albúmen (%), percentagem de gema (%), percentagem de casca (%), altura do albúmen (mm), altura da gema (mm), diâmetro da gema (mm), espessura da casca (μm), gravidade específica (g/cm^3), unidade Haugh e coloração da gema.

Os ovos foram colocados em repouso por uma hora para igualar sua temperatura a temperatura do ambiente. Os ovos foram pesados, colocados em cestos de arame e imersos em baldes plásticos contendo diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl), da menor para a maior concentração, com variação de densidade de 1,075 a 1,100 g/cm, com intervalos de 0,005. Os ovos foram retirados à medida que subiam à superfície e seus respectivos valores foram registrados.

Para análise do albúmen e da gema, os ovos foram colocados em uma placa de vidro plana para determinação da altura e diâmetro da gema com utilização de m paquímetro. A altura do albúmen e da gema foram medidas na região medial entre a borda externa. Um separador

manual de albúmen e gema foi utilizado para separar estas estruturas que foram individualmente pesadas visando calcular suas porcentagens individualmente em relação ao peso do respectivo ovo. As cascas dos ovos foram lavadas, secas em temperatura ambiente por 48 horas e pesadas para cálculo de porcentagens em relação ao peso do respectivo ovo. Estas mesmas cascas de ovos secas foram usadas para determinar a espessura da casca usando um micrômetro em três regiões do ovo (basal, equatorial e apical).

A coloração da gema foi avaliada utilizando um leque colorimétrico Roche[®] com escala de 1 a 15. A unidade Haugh foi calculada utilizando os valores de peso do ovo e altura do albúmen, com resultados obtidos a partir da fórmula $UH = 100 \times \log (H + 7,57 - 1,7 \times W^{0,37})$, onde H = altura do albúmen (mm); e W = peso do ovo (g) (Haugh, 1937).

Para análise das características sensoriais dos ovos, participaram 20 julgadores não treinados de ambos os sexos, selecionados de forma aleatória e voluntários para avaliar aroma, cor, sabor e aparência dos ovos. Foi aplicado um teste hedônico de 9 pontos visando mensurar cada uma destas variáveis utilizando escalas de "gostei muito" (9) a "desgostei muito" (1) conforme a metodologia descrita por Dutcosky (2007), sendo fornecida para cada um dos julgadores uma amostra (metade de um ovo cozido em água quente por 10 minutos) de cada tratamento.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os dados foram analisados por análise de variância one-way usando o software R (versão 4.1.3). Todos os comandos foram executados de acordo com Logan (2010). Primeiro, o teste de diferença honestamente significativa de Tukey foi usado para testar as diferenças significativas entre os valores médios. Os resultados foram apresentados como médias e o nível de significância para diferenças foi estabelecido como $p < 0,05$.

Em seguida, a regressão linear foi aplicada para analisar a influência da variável independente sobre as variáveis dependentes em um modelo linear ($Y = a + bx$). Valores de R ao quadrado (melhores valores entre 0,5 e 0,7) foram considerados como o fator que indica maior linearidade (Dormann *et al.*, 2013). A análise de regressão polinomial foi aplicada às variáveis dependentes significativas da ANOVA e que não apresentaram efeito significativo no modelo linear. Para o modelo de regressão polinomial, foi considerado um modelo de segundo grau ($Y = ax^2 + bx + c$) (Chatterjee, 2006; Logan, 2010). O modelo matemático foi ajustado de

acordo com a influência de cada variável independente na variável dependente analisada (Dormann *et al.*, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados bromatológicos obtidos neste experimento (Tabela 2), verificou-se que o farelo de açaí apresentou grande potencial para atuar como fonte de fibra em dietas para aves devido aos altos teores de fibra bruta, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina. Porém, devido ao farelo de açaí apresentar teor proteico e densidade energética relativamente baixos (como foi observada na grande perda de energia entre energia bruta e energia metabolizável), por isso, foi necessário aumentar a quantidade de óleo de soja e do farelo de soja nas formulações das dietas entre os tratamentos, a fim de manter níveis apropriados de proteína e energia. Assim, o farelo de açaí apresenta uma tendência a ser considerado como um alimento alternativo com recomendação inicial para inclusão moderada em dietas para aves, pois o percentual de fibra mostra-se inicialmente como um fator limitante natural para dietas de não-ruminantes (Mateos *et al.*, 2012; He *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2017), ou seja, ser incluindo em baixas concentrações.

Tabela 2. Composição proximal ou centesimal do farelo de açaí

| Composição química | Valores |
|--------------------------------|-----------|
| Matéria seca, % | 89,12 |
| Proteína bruta, % | 5,25 |
| Lipídeos, % | 4,12 |
| Matéria mineral, % | 6,64 |
| Fibra bruta, % | 25,30 |
| FDN, % | 61,34 |
| FDA, % | 42,33 |
| Carboidratos solúveis, % | 58,69 |
| Energia bruta, kcal/kg | 5.389,16 |
| Energia metabolizável, kcal/kg | 2.838,18* |

* Determinado pelo método de cálculo da energia metabolizável aparente segundo Rostagno *et al.* (2017).

A análise de desempenho das aves indicou efeito significativo ($p < 0,05$) da inclusão do farelo de açaí sobre todas as variáveis analisadas, onde a inclusão de 5% deste produto na dieta das poedeiras proporcionou os menores resultados observados para o consumo de ração, consumo de proteína, consumo de energia metabolizável e conversões alimentares (Tabela 3). Quando este nível de inclusão foi aumentado para 10%, verificou-se um aumento sutil nestas variáveis, mas com os melhores resultados para o percentual de postura e massa de ovo. A partir

da inclusão de 15% do farelo de açaí nas dietas, houve um aumento crescente nos resultados observados para o consumo de ração, consumo de proteína, consumo de energia metabolizável e conversões alimentares, bem como uma redução proporcional nos resultados do percentual de postura das aves e massa dos ovos.

Esses resultados de desempenho das aves mostraram que a inclusão de um nível moderado de farelo de açaí (até 10%) nas dietas e, conseqüentemente, de um nível moderado de fibra (até 4,50%) conforme descrito por Rufino *et al.* (2017) e Rufino *et al.* (2021), equilibrou o consumo energético e protéico das poedeiras, o que segundo De Vries *et al.* (2012) e Rufino *et al.* (2017) reflete diretamente no consumo de ração e nas demais variáveis de desempenho, principalmente o impacto positivo sobre a produção de ovos. Para efeito de comparação, Arruda *et al.* (2018), ao utilizar em seu estudo o farelo de açaí em dietas para frangos de corte de crescimento lento, também observaram que a inclusão até 10% nas dietas não proporcionou prejuízo significativo no desempenho das aves. Outrora, os mesmos autores também relataram um aumento linear na conversão alimentar das aves de acordo com o aumento da inclusão farelo de açaí nas dietas, atribuindo esse resultado ao aumento proporcional de óleo e farelo de soja na formulação, bem como o aumento no nível de fibra. É fato que há uma diferença substancial entre os efeitos de alimentos fibrosos sobre o desempenho de poedeiras e frangos de corte, conforme relatado por Rufino *et al.* (2017), mas como há uma escassez de trabalhos utilizando esse tipo de alimentos, principalmente o farelo de açaí, o uso destes trabalhos auxilia no entendimento dos efeitos que estes alimentos podem ocasionar no desempenho das aves.

Dentro da perspectiva verificada nesta pesquisa, Bach-Knudsen (1997) e Hetland *et al.* (2003) relataram que dietas com níveis de fibra acima de 4% podem causar alterações no fluxo bioquímico e fisiológico do sistema digestório das aves, tanto de corte quanto de postura, principalmente na moela e intestino delgado, o que tende a ocasionar efeitos negativos no consumo de ração e aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente, pior um desempenho produtivo. Por outro lado, Goulart *et al.* (2016) também afirmaram que níveis moderados de fibras, até 4% nas dietas, são importantes para a saúde intestinal das aves, pois auxiliam no equilíbrio microbiota intestinal e no aproveitamento dos nutrientes durante o momento da absorção nesta região, efeitos similares aos obtidos com prebióticos comerciais conforme é descrito por Montagne *et al.* (2003).

Tabela 3. Desempenho de aves comerciais de postura da linhagem *Hisex White* alimentadas com dietas contendo níveis de farelo de açaí

| Variáveis ¹ | Níveis de farelo de açaí (%) | | | | | | CV ² , % | p-valor ³ | Modelo matemático ⁴ | R ² |
|------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---|----------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | | | | |
| CR, g/ave/dia | 105,88 ^b | 104,97 ^c | 105,76 ^b | 107,09 ^{ab} | 108,22 ^a | 108,12 ^a | 1,91 | 0,05 | Y = 0,0966x ² – 1,297x + 105,35 | 0,82 |
| CP, g/ave/dia | 16,94 ^b | 16,79 ^b | 16,92 ^b | 17,13 ^a | 17,31 ^a | 17,29 ^a | 1,92 | 0,05 | Y = 0,0152x ² – 0,157x + 17,053 | 0,81 |
| CEM, kcal/ave/dia | 291,18 ^{bc} | 288,67 ^c | 290,83 ^{bc} | 294,49 ^b | 297,61 ^a | 297,33 ^a | 1,91 | 0,05 | Y = 0,2677x ² – 2,9243x + 295,73 | 0,82 |
| PO, % | 78,06 ^a | 76,47 ^{ab} | 78,61 ^a | 72,23 ^b | 71,11 ^b | 57,61 ^c | 4,69 | 0,01 | Y = 1,2962x ² + 5,5106x + 72,721 | 0,92 |
| CA, kg/kg | 2,28 ^c | 2,28 ^c | 2,27 ^c | 2,51 ^b | 2,58 ^b | 3,02 ^a | 5,34 | 0,01 | Y = 0,045x ² – 1,007x + 7,886 | 0,96 |
| CA, kg/dz | 1,63 ^c | 1,65 ^c | 1,65 ^c | 1,83 ^b | 1,83 ^b | 2,31 ^a | 4,37 | 0,01 | Y = 0,1177x + 1,4047 | 0,72 |
| MO, g | 46,37 ^a | 45,92 ^a | 46,65 ^a | 42,92 ^b | 41,81 ^b | 35,68 ^c | 5,28 | 0,01 | Y = 0,6386x ² + 7,484x + 26,216 | 0,95 |

¹ CR – Consumo de ração. CP – Consumo de proteína. CEM – Consumo de energia metabolizável. PO – Produção de ovos. CA – Conversão alimentar. MO – Massa de ovos.

² CV – Coeficiente de variação.

³ p-valor - Influência da variável independente sobre a variável dependente. p<0,05 representa um efeito significativo.

⁴ Modelo matemático - ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Outro ponto a ser considerado pode estar relacionado ao fato de a inclusão do farelo de açaí nas dietas afetar as suas propriedades organolépticas (cor, sabor ou textura), o que naturalmente também afeta o comportamento alimentar das poedeiras, o que naturalmente afeta os resultados de desempenho conforme fora descrito por Neves *et al.* (2014). Nesse sentido, foi possível verificar durante a realização do experimento que as propriedades organolépticas das dietas foram sendo alteradas à medida que aumentou o nível de inclusão de farelo de açaí, apresentando cada vez mais coloração escura e textura mais rígida, além de odor mais acentuado. De certa forma, junto com a alteração natural na composição nutricional das dietas, isso também pode ter sido fator determinante nos resultados de desempenho das aves, corroborando com observações semelhantes apontadas por Nir *et al.* (1994), Picard *et al.* (2002) e Neves *et al.* (2014).

Na qualidade dos ovos (Tabela 4), a inclusão de 5% de farelo de açaí nas dietas das poedeiras proporcionou os maiores resultados para peso do ovo. Até 10% de inclusão de farelo de açaí houve efeito positivo ($p < 0,05$) sobre a altura do albúmen, altura da gema, gravidade específica e unidade Haugh. Porém, níveis acima de 10% causaram ($p < 0,05$) redução gradual no percentual de albúmen, espessura da casca e cor da gema, além de aumento no diâmetro da gema. Os resultados da análise sensorial dos ovos corroboraram com os resultados de qualidade, onde a inclusão de 5% de farelo de açaí nas dietas proporcionou melhor ($p < 0,05$) aroma, cor, sabor e aparência aos ovos. No entanto, níveis acima de 10% de inclusão causaram perdas graduais ($p < 0,05$) na aceitação sensorial dos ovos.

Esses resultados estão de acordo com Braz *et al.* (2011) e Guzmán *et al.* (2016), que relataram que a inclusão de produtos com altos níveis de fibras em dietas para aves tendem a causar efeito negativo sobre qualidade dos ovos, especialmente pelo aumento do teor de fibra das dietas que ocasiona baixas absorção e aproveitamento dos nutrientes, o que tende a disponibilizar menos substrato para que as aves possam formar os ovos. Outros estudos apontaram ainda que esses efeitos negativos sobre a qualidade dos ovos estão diretamente relacionados com os problemas observados no desempenho produtivo das aves que são advindos de níveis elevados de fibra nas rações, conforme também fora citado acima (Karunajeewa *et al.*, 1989; Raninen *et al.*, 2011; Laudadio *et al.*, 2014).

Tabela 4. Qualidade dos ovos de aves comerciais de postura da linhagem *Hisex White* alimentadas com dietas contendo níveis de farelo de açaí

| Variáveis ¹ | Níveis de farelo de açaí (%) | | | | | | CV ² , % | p-valor ³ | Modelo matemático ⁴ | R ² |
|------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------------------------|----------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | | | | |
| PO, g | 59,40 ^b | 60,04 ^a | 59,37 ^b | 59,40 ^b | 58,81 ^c | 58,38 ^c | 3,10 | 0,03 | $Y = -0,0898x^2 + 0,9785x + 59,27$ | 0,85 |
| ALB, % | 28,31 ^a | 28,08 ^a | 26,88 ^b | 25,12 ^c | 25,07 ^c | 24,99 ^c | 3,44 | 0,01 | $Y = -0,7826x + 29,147$ | 0,88 |
| GEM, % | 58,41 | 58,27 | 58,08 | 58,23 | 58,23 | 58,60 | 4,75 | 0,08 | - | - |
| CAS, % | 9,91 | 9,98 | 9,70 | 9,81 | 9,83 | 9,67 | 3,72 | 0,07 | - | - |
| AA, mm | 7,36 ^c | 7,56 ^b | 7,71 ^a | 7,61 ^{ab} | 7,54 ^b | 7,48 ^b | 5,53 | 0,01 | $Y = -0,0389x^2 + 0,8851x + 2,736$ | 0,84 |
| AG, mm | 19,87 ^b | 19,64 ^b | 21,41 ^a | 21,05 ^{ab} | 21,16 ^a | 21,67 ^a | 3,20 | 0,01 | $Y = -0,1177x^2 + 2,5252x + 8,185$ | 0,70 |
| DG, mm | 41,86 ^c | 42,11 ^b | 42,31 ^b | 42,77 ^b | 43,24 ^a | 43,66 ^a | 2,21 | 0,04 | $Y = 0,3671x + 41,373$ | 0,97 |
| EC, μ m | 0,40 ^a | 0,40 ^a | 0,39 ^b | 0,39 ^b | 0,38 ^b | 0,37 ^c | 3,36 | 0,04 | $Y = -0,006x + 0,4093$ | 0,92 |
| GE, g/mL | 1084,00 ^b | 1084,60 ^b | 1086,00 ^a | 1084,60 ^b | 1084,50 ^b | 1084,50 ^b | 10,15 | 0,05 | $Y = -0,1607x^2 +$ | 0,73 |

| | | | | | | | | | | |
|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|------------------------------------|------|
| | | | | | | | | | $3,4479x + 1068,10$ | |
| | | | | | | | | | $Y = -0,0993x^2 + 2,1107x + 73,03$ | |
| UH | 83,36 ^b | 83,62 ^b | 84,05 ^a | 83,36 ^b | 82,75 ^c | 82,73 ^c | 2,25 | 0,01 | $Y = -0,0993x^2 + 2,1107x + 73,03$ | 0,74 |
| | | | | | | | | | $Y = -0,1263x + 5,2253$ | |
| CG | 5,23 ^a | 4,95 ^{ab} | 4,70 ^b | 4,65 ^{bc} | 4,61 ^{bc} | 4,56 ^c | 4,01 | 0,01 | $Y = -0,1263x + 5,2253$ | 0,84 |

¹ PO – Peso do ovo. ALB – Percentagem de albúmen. GEM – Percentagem de gema. CAS – Percentagem de casca. AA – Altura do albúmen. AG – Altura da gema. DG – Diâmetro da gema. EC – Espessura da casca. GE – Gravidade específica. UH – Unidade Haugh. CG – Coloração da gema.

² CV – Coeficiente de variação.

³ Influência da variável independente sobre a variável dependente. $p < 0,05$ representa um efeito significativo.

⁴ Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Tabela 5. Análise sensorial dos ovos de aves comerciais de postura da linhagem *Hisex White* alimentadas com dietas contendo níveis de farelo de açaí

| Variáveis ¹ | Níveis de farelo de açaí (%) | | | | | | CV ² , % | p-valor ³ | Modelo matemático ⁴ | R ² |
|------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|----------------|
| | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | | | | |
| Aroma | 5,70 ^b | 5,75 ^b | 6,40 ^a | 6,20 ^a | 6,05 ^a | 6,05 ^a | 2,41 | 0,05 | $Y = -0,0616x^2 + 1,3013x + 0,0105$ | 0,84 |
| Cor | 5,45 ^b | 5,80 ^a | 5,90 ^a | 5,20 ^{bc} | 5,05 ^c | 5,05 ^c | 2,85 | 0,03 | $Y = -0,0491x^2 + 1,0023x + 0,445$ | 0,83 |
| Sabor | 6,10 ^{bc} | 6,45 ^b | 6,60 ^a | 6,60 ^a | 6,55 ^{ab} | 5,95 ^c | 2,19 | 0,05 | $Y = -0,0491x^2 + 1,0624x + 1,145$ | 0,93 |
| Aparência | 4,55 ^c | 5,05 ^b | 5,95 ^a | 5,20 ^b | 4,90 ^b | 4,75 ^{bc} | 7,87 | 0,02 | $Y = -0,0491x^2 + 1,005x + 0,845$ | 0,84 |

¹ PO – Peso do ovo. ALB – Percentagem de albúmen. GEM – Percentagem de gema. CAS – Percentagem de casca. AA – Altura do albúmen. AG – Altura da gema. DG – Diâmetro da gema. EC – Espessura da casca. GE – Gravidade específica. UH – Unidade Haugh. CG – Coloração da gema.

² CV – Coeficiente de variação.

³ Influência da variável independente sobre a variável dependente. $p < 0,05$ representa um efeito significativo.

⁴ Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Nutricionalmente, algumas frações da fibra advindas das dietas naturalmente não são degradadas pelas poedeiras devido à sua baixa disponibilidade de mecanismos bioquímicos para realizar essa tarefa, principalmente enzimas e microrganismos (Pustjens *et al.*, 2014). Fisiologicamente, a fração de fibra é rica em polissacarídeos não amiláceos solúveis que podem causar uma inibição geral na digestibilidade de carboidratos, gorduras e proteínas. Todos esses são nutrientes essenciais para formar as principais estruturas do ovo como a gema, o albúmen e a casca (Marcato *et al.*, 2010; Freitas *et al.*, 2014; Rufino *et al.*, 2017).

É importante ressaltar que a absorção dos nutrientes contidos nas dietas das aves é dependente de mecanismos das vilosidades, microvilosidades e das células da mucosa intestinal, onde a integridade deste tecido e das células epiteliais associado a ação das enzimas digestivas no lúmen são fundamentais para que os nutrientes sejam aproveitados (Brito *et al.*, 2008). Nesse sentido, a presença de bloqueios nesses processos pode causar grandes prejuízos ao metabolismo e respostas de desempenho e qualidade dos ovos das poedeiras, principalmente

devido as questões relacionadas a absorção e aproveitamento de nutrientes que são afetadas pela grande presença de fibras descritas acima (Mateos *et al.*, 2002; Rougière; Carré, 2010).

Em contrapartida, a literatura também aponta que níveis baixos ou moderados de fibras ($\leq 4\%$) podem causar um efeito positivo na qualidade dos ovos em decorrência do seu efeito benéfico sobre o aproveitamento de nutrientes, o que implica em ovos com melhor formação e, conseqüentemente, melhor conteúdo nutricional (González-Alvarado *et al.*, 2007; Mateos *et al.*, 2012; Rufino *et al.*, 2017). Montagne *et al.* (2003), Parpinello *et al.* (2006), Goulart *et al.* (2016) e Berkhoff *et al.* (2020) afirmaram ainda que esses efeitos podem afetar tanto as características físico-química quanto sensoriais dos ovos. Nos resultados encontrados neste estudo, a cor e a aparência foram as características que apresentaram menores valores na escala hedônica utilizada, podendo também serem consideradas como as características sensoriais mais afetadas negativamente segundo a opinião dos julgadores.

A quantificação correta da fibra alimentar e o seu efeito na digestão e no metabolismo, por décadas, tem sido relegada a segundo plano nos estudos de dietas para não ruminantes (Rufino *et al.*, 2017; Rufino *et al.*, 2021). Esse contraste de efeitos da inclusão de fibras na literatura nos motivou a incluir o farelo de açaí em até 25% na ração das poedeiras para observar se outros nutrientes desse alimento poderiam causar efeitos no desempenho das aves e na qualidade e características sensoriais dos ovos de aves comerciais de postura da linhagem Hissex White, além de determinar um nível adequado para a inclusão do farelo de açaí com base nos efeitos dos níveis de fibras.

Devido a maioria dos estudos enfatizarem apenas os efeitos negativos da presença da fibra nas dietas para poedeiras, muito deixou-se de considerar a sua importância e possíveis efeitos benéficos para as aves (Goulart *et al.*, 2016). No entanto, estudos modernos parecem indicar que níveis moderados de fibra em dietas de aves podem proporcionar efeitos positivos em sua fisiologia (González-Alvarado *et al.*, 2007; Mateos *et al.*, 2012; Calabrese; Agathokleous, 2020), além de influenciar positivamente no desenvolvimento da moela (González-Alvarado *et al.*, 2008), produção de enzimas e desempenho de aves (Jiménez-Moreno *et al.*, 2009).

Além disso, é importante enfatizar o aspecto ambiental que o reaproveitamento dos resíduos de açaí na forma de farelo pode ocasionar, conforme é descrito por Rufino *et al.* (2020b). Nas pesquisas já realizadas utilizando ingredientes alternativos para aves, verificou-se a importância desse aspecto tanto na parte ambiental quanto econômica para os sistemas produtivos, uma vez que produtores e especialistas disporão de mais critérios para avaliação e

utilização dos mesmos de forma mais prudente (Silva *et al.*, 2009; Santos; Granjeiro, 2012; Rufino *et al.*, 2015). Além disso, estas análises associadas às análises produtivas podem fornecer informações acerca de um determinado alimento alternativo e como este pode acrescentar ao sistema de produção (Rufino *et al.*, 2015; Melo *et al.*, 2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que a inclusão de 10% de farelo de açaí em dietas para aves comerciais de postura da linhagem *Hisex White* proporcionou melhores resultados no desempenho produtivo das aves e na qualidade e características sensoriais dos ovos. Outrora, a inclusão acima de 10% causou efeito negativo sobre os resultados de desempenho produtivo das aves e qualidade e características sensoriais dos ovos.

5 AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que possibilitou a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21^a edição. Washington, DC: AOAC, 2019.

ARRUDA, J.C.B.; FONSECA, L.A.B.; PINTO, L.C.P.; PINHEIRO, H.C.O.; MONTEIRO, B.T.O.; MANNO, M.C.; LIMA, K.R.S.; LIMA, A.R. Açaí seed bran in the feed of slow-growth broilers. **Acta Amazon.**, v. 48, p. 298-303, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201703994>

BACH-KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 67, n. 4, p. 319-338, 1997. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)

BERCHIN, I.I.; NUNES, N.A.; AMORIM, W.S.; ZIMMER, G.A.A.; SILVA, F.R.; FORNASARI, V.H.; SIMA, M.; GUERRA, J.B.S.O.A. The contributions of public policies for strengthening family farming and increasing food security: The case of Brazil. **Land Use Policy**, v. 82, p. 573-584, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.043>

BERKHOFF, J.; ALVARADO-GILIS, C.; KEIM, J.P.; ALCALDE, J.A.; VARGAS-BELLO-PÉREZ, E.; GANDARILLAS, M. Consumer preferences and sensory characteristics of eggs

from family farms. **Poult. Sci.**, v. 99, n. 11, p. 6239-6246, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.064>

BOGGIA, A.; PAOLOTTI, L.; CASTELLINI, C. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. **World's Poult. Sci. J.**, v. 66, p. 95-114, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0043933910000103>

BRASIL, R.J.M.; CRUZ, F.G. G.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; FREITAS, B.K.M.; VIANA FILHO, G.B. Physical-chemical and sensorial quality of eggs coated with copaiba oil biofilm and stored at room temperature for different periods. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, p. 1-6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0930>

BRAZ, N.M. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. **Rev. Bras. Zootec.**, v. 40, n. 12, p. 2744-2753, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200019>

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Vet. Bras.**, v. 2, n. 4, p. 111-117, 2008.

CALABRESE, E.J.; AGATHOKLEOUS, E. Theodosius Dobzhansky's view on biology and evolution v.2.0: "Nothing in biology makes sense except in light of evolution and evolution's dependence on hormesis-mediated acquired resilience that optimizes biological performance and numerous diverse short and longer term protective strategies. **Environ. Res.**, v. 186, 109559, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109559>

CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; DAMASCENO, J.L.; COSTA, A.P.G.C. Perfil socioeconômico da avicultura no setor primário do estado do Amazonas, Brasil. **Rev. em Agronegócios e Meio Ambient.**, v. 9, n. 2, p. 371-391, 2016. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p371-391>

DE VRIES, S.; PUSTJENS, A.M.; SCHOLS, H.A.; HENDRIKS, W.H.; GERRITS, W.J.J. Improving digestive utilization of fiber-rich feedstuffs in pigs and poultry by processing and enzyme technologies: A review. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 178, p. 123-138, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.10.004>

DUTCOSKY, S.D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2007. 239p.

FREITAS, E.R.; BRAZ, N.M.; WATANABE, P.H.; CRUZ, C.E.B.; NASCIMENTO, G.A.J.; BEZERRA, R.M. Fiber level for laying hens during the growing phase. **Ciênc. Agrotec.**, v. 38, n. 2, p. 188-198, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200010>

GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive traits of broilers. **Poult. Sci.**, v. 86, n. 8, p. 1705-1715, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1093/ps/86.8.1705>

- GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; VALENCIA, D.G.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of fiber source and heat processing of the cereal on the development and pH of the gastrointestinal tract of broilers fed diets based on corn or rice. **Poult. Sci.**, v. 87, p. 1779-1795, 2008. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00070>
- GOULART, F.R.; ADORIAN, T.J.; MOMBACH, P.I.; SILVA, L.P. Importância da fibra alimentar na nutrição de animais não ruminantes. **Revista de Ciência e Inovação do IF Farroupilha**, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016.
- GUZMÁN, P.; SALDAÑA, B.; BOUALI, O.; CÁMARA, L.; MATEOS, G.G. Effect of level of fiber of the rearing phase diets on egg production, digestive tract traits, and body measurements of brown egg-laying hens fed diets differing in energy concentration. **Poult. Sci.**, v. 95, n. 8, p. 1836-1847, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pew075>
- HANNA, A.C.S.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; TANAKA, E.S.; CHAGAS, E.O.; MELO, J.B.S. Bioefficacy of the copaiba oil (*Copaifera* sp.) in diets of laying hens in the second production cycle in humid tropical climate. **Int. J. Poult. Sci.**, v. 12, n. 11, p. 647-652, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/ijps.2013.647.652>
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **United States Egg Poultry Magazine**, v.43, p. 552-555, 1937.
- HE, L.W.; MENG, Q.X.; LI, D.Y.; ZHANG, Y.W.; REN, L.P. Influence of feeding alternative fiber sources on the gastrointestinal fermentation, digestive enzyme activities and mucosa morphology of growing Greylag geese. **Poult. Sci.**, v. 94, p. 2464-2471, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pev237>
- HETLAND, H.; SVIHUS, B.; KROGDALHL, A. Effects of oat hulls and wood shaving on digestion in broilers and layers fed diets based on whole or ground wheat. **Br. Poult. Sci.**, v. 44, p. 275-282, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1080/0007166031000124595>
- JENSEN, G.S.; WU, X.; PATTERSON, K.M.; BARNES, J.; CARTER, S.G.; SCHERWITZ, L.; BEAMAN, R.; ENDRES, J.R.; SCHAUSS, A.G. In vitro and in vivo antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study. **J. Agric. Food Chem.**, v. 56, n. 18, p. 8326-8333, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf8016157>
- JIMÉNEZ-MORENO, E.; GONZÁLEZ-ALVARADO, J.M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G.G. Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages. **Poult. Sci.**, v. 88, p. 1925-1933, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00193>
- KARUNAJEEWA, H.; THAN, S.H.; ABU-SEREWA, S. Sunflower seed meal, sunflower oil and full-fat sunflower seeds, hulls and kernels for laying hens. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 26, p. 45-54, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(89\)90005-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90005-9)
- LANNUZEL, C.; SMITH, A.; MARY, A.L.; DELLA PIA, E.A.; KABEL, M.A.; DE VRIES, S. Improving fiber utilization from rapeseed and sunflower seed meals to substitute soybean

meal in pig and chicken diets: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 285, 115213, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115213>

LAUDADIO, V.; CECI, E.; LASTELLA, N.M.B.; TUFARELLI, V. Effect of feeding low-fiber fraction of air-classified sunflower (*Helianthus annuus* L.) meal on laying hen productive performance and egg yolk cholesterol. *Poult. Sci.*, v. 93, p. 2864-2869, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2014-04204>

MARCATO, S.M.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDEZ, J.B.K.; NASCIMENTO, D.C.N.; FURLAN, R.L.; PIVA, G.H. Crescimento e deposição de nutrientes nas penas, músculo, ossos e pele de frangos de corte de duas linhagens comerciais. *Ciênc. Agrotec.*, v. 33, n. 4, p. 1159-1168, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000400030>

MATEOS, G.G.; LÁZARO, R.; GRACIA, M.I. The feasibility of using nutritional modifications to replace drugs in poultry feeds. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 11, p. 437-452, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/japr/11.4.437>

MATEOS, G.C.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; SERRANO, M.P.; LÁZARO, R.P. Poultry response to high levels of dietary fiber sources varying in physical and chemical characteristics. *J. Appl. Poult. Res.*, v. 21, n. 1, p. 156-174, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00477>

MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U.S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. *Acta Amazon.*, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000200014>

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v. 108, p. 95-117, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00163-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00163-9)

NASCIMENTO, A.R.T. Riqueza e etnobotânica de palmeiras no território indígena Krahô, Tocantins, Brasil. *Floresta*, v. 40, p. 209-220, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v40i1.17112>

NEVES, D.; BANHAZI, T.; NÄÄS, I. Feeding behaviour of broiler chickens: a review on the biomechanical characteristics. *Braz. J. Poult. Sci.*, v. 16, n. 2, p. 1-16, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-635x16021-16>

NIR, I.; TWINA, Y.; GROSSMAN, E.; NITSAN, Z. Quantitative effects of pelleting on performance, gastrointestinal tract and behaviour of meat-type chickens. *Br. Poult. Sci.*, v. 35, n. 4, p. 589-602, 1994. DOI: <https://doi.org/10.1080/00071669408417724>

PARES, M.F.F.M.; JUNQUEIRA, O.M.; PEREIRA, A.A.; FILARDI, R.S.; DUARTE, K.F.; SGAVIOLI, S.; ALVA, J.C.R.; DOMINGUES, C.H.F. High-fiber diets with reduced crude protein for commercial layers. *Braz. J. Poult. Sci.*, v. 16, p. 43-50, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1516-635x160243-50>

PARPINELLO, G.P.; MELUZZI, A.; SIRRI, F.; TALLARICO, N.; VERSARI, A. Sensory evaluation of egg products and eggs laid from hens fed diets with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants. **Food Res. Int.**, v. 39, n. 1, p. 47-52, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.05.010>

PICARD, M.; MELCION, J.P.; BERTRAND, D.; FAURE, J.M. **Visual and tactile cues perceived by chickens**. London: CAB International, p. 279-298, 2002.

PUSTJENS, A.M.; DE VRIES, S.; SCHOLS, H.A.; GRUPPEN, H.; GERRITS, W.J.J.; KABEL, M.A. Understanding carbohydrate structures fermented or resistant to fermentation in broilers fed rapeseed (*Brassica napus*) meal to evaluate the effect of acid-treatment and enzyme-addition. **Poult. Sci.**, v. 93, p. 926-934, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03519>

QUEIROZ, J.A.L.; MELÉM JÚNIOR, N.J. Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Rev. Bras. Frutic.**, v. 23, p. 460-462, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200054>

RANINEN, K.; LAPPI, J.; MYKKANEN, H.; POUTANEN, K. Dietary fiber type reflects physiological functionality: Comparison of grain fiber, inulin, and polydextrose. **Nutr. Rev.**, v. 69, p. 9-21, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00358.x>

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, M.I.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M.L.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2017. 488p.

ROUGIÈRE, N.; CARRÉ, B. Comparison of gastrointestinal transit times between chickens from D+ and D- genetic lines selected for divergent digestion efficiency. **Animal.**, v. 4, p. 1861-1872, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731110001266>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; MILLER, W.P.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; CHAGAS, E.O. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart) na alimentação de poedeiras comerciais. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 16, p. 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000100001>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; MELO, L.D. Fibra alimentar em dietas para aves - Uma revisão. **Rev. Cient. Avic. Suin.**, v. 3, n. 2, p. 33-42, 2017.

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; DIAS, F.J.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.R.P.; MELO, P.L.G. Açaí meal on diet digestibility for commercial laying hens. **Acta Sci. - Anim. Sci.** v. 42, p. e46926, 2020a. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.46926>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; BRASIL, R.J.M.; MELO, L.D.; ANDRADE, P.G.C. Análise de viabilidade econômica do farelo do resíduo de açaí na alimentação de poedeiras comerciais leves. **Rev. Agro. Amb.**, v. 13, n.3, p. 867-882, 2020b. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p867-882>

RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; BRASIL, R.J.M.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; MELO, R.D.; FEIJO, J.C. Relationship between the level and the action period of fiber in diets to laying hens. **Acta Sci. - Anim. Sci.**, v. 43, p. e49033, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.49033>

SANDSTRÖM, V.; CHRYSAFI, A.; LAMMINEN, M.; TROELL, M.; JALAVA, M.; PIIPPONEN, J.; SIEBERT, S.; VAN HAL, O.; VIRKKI, V.; KUMMU, M. Food system by-products upcycled in livestock and aquaculture feeds can increase global food supply. **Nat. Food**, v. 3, p. 729-740, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00589-6>

SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.T. Desempenho de aves caipiras de corte alimentadas com mandioca e palma forrageira enriquecidas com levedura. **Tecnol. Ciênc. Agropecu.**, v. 6, n. 2, p. 49-54, 2012.

SILVA, E.P.; RABELLO, C.B.V.; DUTRA JÚNIOR, W.M.; LOUREIRO, R.R.S.; GUIMARÃES, A.A.S.; LIMA, M.B.; ARRUDA, E.M.F.; BARBOSA-LIMA, R. Análise econômica da inclusão dos resíduos de goiaba e tomate na ração de poedeiras comerciais. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 10, n. 4, p. 774-785, 2009.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ª Edição. Viçosa, MG: UFV, 2012.

SILVA, M.A.; CHAAR, J.S.; NASCIMENTO, L.R.C. Polpa de açaí: o caso da produção do pequeno produtor urbano de Manaus. **Sci. Amazon.**, v. 3, p. 65-71, 2014.

YOKHANA, J.S.; PARKINSON, G.; FRANKEL, T.L. Effect of insoluble fiber supplementation applied at different ages on digestive organ weight and digestive enzymes of layer-strain poultry. **Poult. Sci.**, v. 95, p. 550-559. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps/pev336>