



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
E RECURSOS PESQUEIROS



**DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS ALIMENTADAS COM
DIETAS CONTENDO ÓLEO DE RESÍDUO DE TAMBAQUI**

THIAGO DE SOUZA

Manaus - Amazonas

Abril, 2025

THIAGO DE SOUZA

**DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS ALIMENTADAS COM
DIETAS CONTENDO ÓLEO DE RESÍDUO DE TAMBAQUI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Orientador: Dr. Noédson de Jesus Beltrão Machado

Coorientador: Dr. João Paulo Ferreira Rufino

Manaus - Amazonas

Abril, 2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- S729d Souza, Thiago de
Desempenho e qualidade de ovos de galinhas alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tabaqui / Thiago de Souza. - 2025.
94 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Noédson de Jesus Beltrão Machado.
Coorientador(a): João Paulo Ferreira Rufino.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus, 2025.
1. Avicultura. 2. Colossoma macropomum. 3. ovo enriquecido. 4. subproduto. I. Machado, Noédson de Jesus Beltrão. II. Rufino, João Paulo Ferreira. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros. IV. Título
-

THIAGO DE SOUZA

**DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE GALINHAS ALIMENTADAS COM
DIETAS CONTENDO ÓLEO DE RESÍDUO DE TAMBAQUI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Aprovado em 30 de abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Noédson de Jesus Beltrão Machado (Presidente) - Universidade Federal do Amazonas
– UFAM

Dr. Pedro de Queiroz Costa Neto (Membro Titular) - Universidade Federal do Amazonas -
UFAM

Dr. Bernardo Berenchtein (Membro Titular) - Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que esteve ao meu lado em toda essa caminhada, iluminando meus passos e me dando forças para seguir em frente. Sua presença foi constante, fortalecendo minha fé e me mostrando que com perseverança e confiança, sou capaz de realizar meus sonhos.

À minha mãe, Dilce de Souza, minha base, minha inspiração. Mãe, não existem palavras suficientes para expressar minha gratidão por todo o amor, coragem e incentivo que me ofereceu ao longo dessa jornada. Você esteve ao meu lado em cada etapa, e sempre acreditando na minha capacidade. Obrigado por ser essa mulher incrível e por tanto me apoiar.

À minha irmã, Carmen de Souza, e aos meus tios, Janilce de Souza e Alciberto Pereira, muito obrigado pelo apoio, carinho e por sempre estarem torcendo pelo meu sucesso. Sou grato por ter uma família tão especial ao meu lado.

Aos meus orientadores, Dr. Noédson de Jesus Beltrão e Dr. João Paulo Ferreira Rufino, meu sincero agradecimento pela orientação, dedicação e pelos ensinamentos ao longo desta jornada. Sou grato pela paciência, apoio e por todo o conhecimento compartilhado, que contribuíram para a realização desta pesquisa. Levo comigo não só o que aprendi academicamente, mas também os valores de compromisso e dedicação que vocês me transmitiram.

Aos meus amigos de caminhada Carlos Brandão, Wamber Broni, Prof. Brandão, Emerson Oliveira, Carlos Amaringo, Jaciara, Nayana e Rayana, obrigado pela amizade e pelas mensagens de apoio durante no período pré defesa.

À Nuriely Souza, grande parceira desde o início da pós-graduação, expresse minha profunda gratidão pela colaboração constante, troca de conhecimentos e apoio mútuo ao longo dessa trajetória. Obrigado por dividir comigo não só os desafios acadêmicos, mas também os sonhos e as alegrias.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, minha sincera gratidão por todo o suporte acadêmico, pelas oportunidades de aprendizado e crescimento que vivenciei durante essa trajetória. Aos amigos Laiane Ferreira e Pablo Garcia, obrigado pelo companheirismo durante as análises e no dia a dia do experimento. Estendo meus agradecimentos à Christiane Guimarães, Isadora e Pauline, que também foram fundamentais nesse processo.

Ao setor de Avicultura, sou muito grato pela estrutura disponibilizada e pelo ambiente colaborativo durante todo o processo experimental. Agradeço imensamente aos colaboradores Francisco Chagas, Sebastião, Mateus, Leticia, Lorena e Raul, que contribuíram com empenho, cuidado e dedicação em cada etapa.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e à FAPEAM, pelo apoio financeiro ao projeto, meu agradecimento. O suporte financeiro foi essencial para tornar essa pesquisa possível.

Por fim, a todos que de alguma forma, contribuíram para que eu chegasse até aqui: meu muito obrigado!

RESUMO

Nesse trabalho foram avaliados o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo óleo de resíduo de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Está estruturado em três capítulos; inicialmente, na introdução, revisão de literatura e objetivos, foi dado destaque para a importância da avicultura de postura e a utilização de alimentos alternativos, especialmente de origem animal, na região Amazônica, destacando o óleo de resíduo de tambaqui como alternativa sustentável para enriquecer ovos com ácidos graxos essenciais. Em seguida, foi discutido o uso de alimentos alternativos regionais na dieta de aves na Amazônia, detalhando ingredientes como farinha de peixe, farinha de penas, sebo bovino e óleo residual de pescado, enfatizando seu potencial para melhorar o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos. O experimento foi realizado com poedeiras comerciais da linhagem *Hisex Brown*, alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de óleo de resíduo de tambaqui (0, 1,5, 3 e 4,5%) durante 63 dias, foram avaliados o desempenho produtivo, qualidade física, química e sensorial dos ovos, além do perfil de ácidos graxos e da oxidação lipídica da gema. Os resultados indicaram que o uso do óleo de resíduo de tambaqui melhora o perfil lipídico dos ovos, sem comprometer o desempenho produtivo. Conclui-se que o óleo de resíduo de tambaqui é uma alternativa sustentável e economicamente viável para a alimentação de poedeiras comerciais, promovendo produtos enriquecidos e contribuindo para a redução de impactos ambientais provenientes do descarte de resíduos da piscicultura.

Palavras-chave: avicultura, *Colossoma macropomum*, ovo enriquecido, subproduto.

ABSTRACT

The present dissertation evaluated the productive performance and egg quality of laying hens fed diets containing tambaqui (*Colossoma macropomum*) residue oil. Structured in three chapters, the dissertation initially addresses, in the introduction, literature review, and objectives, the importance of egg-laying poultry farming and the use of alternative feeds, especially of animal origin, in the Amazon region, highlighting tambaqui residue oil as a sustainable alternative to enrich eggs with essential fatty acids. Subsequently, it discusses the use of regional alternative feeds in the diet of poultry in the Amazon, detailing ingredients such as fish meal, feather meal, bovine tallow, and fish residue oil, emphasizing their potential to improve productive performance and egg quality. The experiment conducted with commercial laying hens of the Hisex Brown strain, fed diets containing different inclusion levels of tambaqui residue oil (0%, 1.5%, 3%, and 4.5%) over 63 days, evaluated productive performance, physical, chemical, and sensory quality of the eggs, as well as the fatty acid profile and lipid oxidation of the yolk. The results indicated that the use of tambaqui residue oil improves the lipid profile of the eggs without compromising productive performance. It is concluded that tambaqui residue oil is a sustainable and economically viable alternative for feeding commercial laying hens, promoting enriched products and contributing to reducing environmental impacts resulting from the disposal of fish farming residues.

Keywords: by-product, *Colossoma macropomum*, enriched eggs, poultry science.

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I

Figura 1. Foto ilustrativa do tambaqui	13
---	----

CAPÍTULO III

Figura 1. Vista aérea e entrada frontal do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas	47
Figura 2. Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ).	48
Figura 3. Laboratório de Nutrição Animal do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ)	48
Figura 4. A- Resíduo triturado, B- Cozimento, C- Filtragem, D- Centrifugação, E- Óleo residual, F- Armazenamento	48
Figura 5. A- Galpão experimental, B- Disposição das gaiolas no aviário experimental	49
Figura 6. Pesagem do ovo	51
Figura 7. A- Diferentes concentrações salinas, B- Ovos flutuando na concentração salina ...	52
Figura 8. A- Conteúdo interno do ovo, B- Aferição da altura do albúmen, C- Aferição da altura da gema.....	52
Figura 9. Diâmetro da gema.	53
Figura 10. Leitura da coloração da gema	53
Figura 11. Pesagem da gema e albúmen	54
Figura 12. Leitura da espessura da casca.....	54
Figura 13. A- Avaliadores de ambos os sexo, B- Ficha de avaliação com Escala Hedônica de nove pontos.....	56
Figura 14. Peso dos ovos em função dos níveis do óleo do resíduo de tambaqui.....	64
Figura 15. Percentual de gema dos ovos em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo do tambaqui	65
Figura 16. Unidade Haugh de ovos em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tambaqui	68
Figura 17. pH do albúme em função dos níveis de inclusão de óleo do resíduo de tambaqui	69
Figura 18. TBARS de gema em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tambaqui	74

Figura 19. Concentração de ácido linoleico em função dos diferentes níveis de inclusão de óleo do resíduo de tabaqui..... 82

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Estudos testando diferentes formas de mandioca em dietas de aves.....	32
--	----

CAPÍTULO III

Tabela 1. Composição das dietas experimentais	50
Tabela 2. Composição do óleo de resíduo de tambaqui	57
Tabela 3. Desempenho de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.....	61
Tabela 4. Qualidade física dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui	63
Tabela 5. Composição centesimal dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.....	67
Tabela 6. Oxidação lipídica da gema dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.....	69
Tabela 7. Análise sensorial dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui	72
Tabela 8. Perfil de ácidos graxos das gemas de ovos produzidos por poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tambaqui.....	74

SUMÁRIO

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA E OBJETIVOS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Avicultura de postura no Brasil e Amazonas	3
2.2. Alimentos alternativos de origem animal para poedeiras.....	4
2.2.1. Farinha de penas	6
2.2.2. Sebo bovino	7
2.2.3. Subprodutos de pescados.....	8
2.2.3.1. Farinha de peixe.....	9
2.2.3.2. Silagem de farinha de pescado	10
2.2.3.3. Óleo de peixe	11
2.3. Importância comercial do tabaqui na Amazônia	13
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. Objetivo geral	15
3.2. Objetivos específicos	15
4. REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO II – USO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS REGIONAIS NA DIETA DE AVES NA AMAZÔNIA	26
5. INTRODUÇÃO.....	26
6. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
7. REFERENCIAL TEÓRICO.....	28
7.1. Critério de validação de um ingrediente como alimento alternativo em dietas de aves	28
7.2. Importância dos alimentos alternativos para a Amazônia	30
7.3. Principais alimentos alternativos de origem vegetal da biodiversidade Amazônica.....	30
7.3.1. Mandioca	30
7.3.2. Tucumã	33
7.3.3. Açaí.....	34
7.3.4. Buriti.....	35
7.4. Principais alimentos alternativos de origem animal da biodiversidade Amazônica	35
8. CONCLUSÃO.....	37
9. REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO III – USO DO ÓLEO DE RESÍDUO DE TABAQUI NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS.....	47
10. INTRODUÇÃO.....	47
11. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
11.1. Local de desenvolvimento do estudo.....	48

11.2. Aquisição e caracterização do óleo do resíduo do tabaqui.....	49
11.3. Instalações, aves, dietas e desenho experimental	50
11.4. Desempenho produtivo.....	Erro! Indicador não definido.
11.5. Qualidade física dos ovos	52
11.6. Composição química dos ovos	56
11.7. Análise sensorial dos ovos.....	56
11.8. Oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos da gema	57
11.9. Análise estatística	58
12. RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
13. CONCLUSÃO.....	82
14. REFERÊNCIAS	83

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, REVISÃO DE LITERATURA E OBJETIVOS

1. INTRODUÇÃO

A busca por alimentos saudáveis e naturais motivada pelas novas demandas dos consumidores está gerando aumento significativo de estudos na área da nutrição animal com o intuito de entregar produtos mais enriquecidos nutricionalmente (Toni *et al.*, 2020). Dentre estes, o ovo destaca-se por ser um alimento completo, contendo proteínas de alto valor biológico, ácidos graxos essenciais, vitaminas A, D, B3, B12 e minerais, além de possuir baixo custo para o consumidor (Cedro, 2008).

Nesse cenário, a busca por alimentos que possam ser potencialmente enriquecedores de ovos, alia-se à procura de alternativas que visam substituir os alimentos tradicionais nas dietas avícolas, especialmente em regiões com maiores desafios logísticos (Brelaz *et al.*, 2019), favorecendo a melhoria do produto final em termos de qualidade, e a redução de custos com alimentação, os quais representam 70% do custo total da produção (Cruz *et al.*, 2016; Batalha *et al.*, 2017). Esse cenário é muito presente em regiões como o Amazonas, onde alto custo das matérias-primas e a escassez de recursos colocam territórios do Estado em uma situação desfavorável, pois todas as matérias-primas utilizadas na fabricação de rações são importadas (Cruz *et al.*, 2016).

No contexto da região Amazônica, também é importante a atividade piscícola local, que é fundamental para geração de renda e abastecimento de peixes ao consumidor (Pantoja-Lima *et al.*, 2021). Com o aumento no consumo do pescado, e, por conseguinte a sua produção, cresce também a quantidade de resíduos gerados como restos de músculos, cabeça, pele, ossos, escamas e vísceras (Oliveira *et al.*, 2017). No entanto, o descarte incorreto desses resíduos contribui com a poluição dos rios, mau odor, representam riscos sanitários como atração de insetos, ratos e urubus, agravando a poluição ambiental (Pacheco *et al.*, 2019).

Perante a esse contexto, tecnologias voltadas para o aproveitamento dos resíduos da piscicultura têm sido intensamente estudadas como opções para mitigar esses desafios ambientais, pois os resíduos de pescado por sua vez são fontes ricas de energia e nutrientes em sua composição, proporcionando potencial para ser utilizado como ingredientes na alimentação para animais de interesse zootécnico (Carvalho *et al.*, 2006; Rufino *et al.*, 2019). A utilização de óleo de peixe em dietas animais permite elevar a sua concentração de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) da série ω -3 (n-3 ou linolênico) e ω -6 (n-6 ou linoléico), considerados ácidos graxos essenciais, pois não podem ser sintetizados pelo organismo dos animais, sendo

importante para manter sob condições normais as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos e na prevenção de diversas doenças (Dessimoni; Aguiar, 2021).

Ademais, pesquisas mostram o potencial desses componentes nos resíduos da indústria do pescado de água doce como o tambaqui (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816). Tambaqui cultivado em Roraima apresentaram relação ω -6/ ω -3 e PUFA/SFA com valores médios de 21,23% de ω -6 e 2,45% de ω -3 (Melo Filho; Oliveira; Santos, 2013). Os principais representantes da série de ácidos graxos ω -6 foram encontrados em filés de tambaqui: alto teor de ácido oleico (C18:1), ácido palmítico (C16:0) e ácido linoleico (C18:2) (Ramos *et al.*, 2016), mas, tanto os tambaquis de cultivos quanto aqueles oriundos da atividade pesqueira apresentam concentrações de PUFA (Oliveira *et al.*, 2010).

Em virtude da presença de ω -3 e demais PUFAs na composição lipídica das vísceras de tambaqui a obtenção do óleo do resíduo é uma alternativa para seu aproveitamento (Borghesi *et al.*, 2017). Isso torna ainda mais relevante dado que o percentual de resíduo gerado da filetagem de tambaqui é considerado alto, em torno de 40% (Pedroso *et al.*, 2017) que em muitos casos não apresentam destino adequado e contribuem para a poluição ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Avicultura de postura no Brasil e Amazonas

A avicultura de postura é um dos setores mais desenvolvidos do agronegócio brasileiro, apresentando elevado desempenho, ótimo nível tecnológico nas instalações e equipamentos, nutrição, melhoramento genético e sanidade, sendo estes os fatores responsáveis por aprimorar a eficiência da produção, tornando o setor de ovos brasileiros competitivo no mercado, além de contribuir para o desenvolvimento da economia nacional (Mazzuco, 2008; Silva *et al.*, 2018a). No entanto, um dos principais desafios na avicultura de postura no Brasil ainda é a garantia da biossegurança e manutenção de qualidade dos ovos, além de agregação de valor na sua composição nutricional e, conseqüentemente, no seu valor de mercado (Procópio; Lima, 2020).

O sistema de produção de ovos predominante no Brasil é o sistema intensivo, no qual as aves são criadas em gaiolas, permitindo maior automatização do manejo, melhora a conversão alimentar das aves e na qualidade sanitária dos ovos, no entanto é considerada por muitos pesquisadores prejudicial às aves podendo causar estresse, mudanças comportamentais e fisiológicas (Souza *et al.*, 2020). Por outro lado, a produção de ovos de aves criadas em sistemas alternativos, como os sistemas livres de gaiolas *cage-free* e *free-range* vem ganhando destaque, no qual as aves são criadas livres de gaiolas (Farias *et al.*, 2023).

O ovo é um produto de uma eficiente transformação biológica realizada pelas poedeiras durante a postura, transformando alimento de baixo valor biológico em alimentos com alto valor nutricional para consumo humano, essa transformação depende de fatores biológicos relacionados à fisiologia da ave e é influenciada pelo aporte nutricional, práticas de manejo e ambiente adequado para sua criação (Santos *et al.*, 2017).

O ovo é um alimento completo e de alta qualidade, além de ser excelente fonte de proteína de alto valor biológico, vitaminas, minerais, uma das melhores fontes de proteína animal, de fácil digestão e absorção, e é acessível para a maioria da população (Oliveira; Leão, 2024). Também é considerado como alimento funcional, não só por possuir características nutricionais, além de conter substâncias como a zeaxantina e luteína, dois carotenoides que apresentam efeito antioxidante de proteger os olhos da ação da luz (Perry; Rasmussen; Johnson, 2009).

A produção de ovos no Brasil ultrapassou o valor de 52 bilhões, e a estimativa do valor bruto destinado à produção foi de 24 bilhões de Reais em 2023 (ABPA, 2024). No entanto, a

maior parte da produção é destinada ao consumo interno, com aproximadamente 99% enquanto que 1% é destinado para exportação, indicando aumento de 16,49% em relação ao ano anterior. Além disso a média de consumo nacional aumentou significativamente de 161 unidades per capita/ano em 2012, para 241 unidades em 2022 e 242 unidades em 2023. Os Estados brasileiros com maiores produções de ovos são São Paulo com 27,29% da produção nacional, seguido de Minas Gerais (9,9%) e Paraná (9%) (IBGE, 2022).

A avicultura do estado do Amazonas, no final da década de 1980, o setor de corte atendia 40% da demanda estadual, no entanto, com o início da importação de frango congelado das regiões Sudeste e Sul do Brasil, essa produção foi diminuindo gradualmente até se tornar praticamente inexpressiva (Cruz *et al.*, 2016). A avicultura do Estado é praticada tanto em escala industrial (corte e postura) quanto em criações domésticas (caipiras), dentro da escala industrial, a produção de ovos se destaca, é realizada em sistema intensivo, com construção de aviários berçários e de postura em gaiola concentrada principalmente em Manaus e municípios adjacentes (IDAM, 2020).

A criação de galinhas caipiras é uma atividade destinada à segurança alimentar, nutricional e geração de renda para mais de 14.000 agricultores familiares no Estado (IDAM, 2023). A produção de carne e ovos atende ao consumo das próprias famílias e o excedente é comercializado nos mercados locais, e os municípios de Manacapuru, Rio Preto da Eva e Apuí possuem os maiores plantéis.

O estado do Amazonas é destaque na região Norte como o maior produtor de ovos, alcançando 79,4 milhões de dúzias em 2021, possuindo um plantel de galinhas poedeiras comercial de 1.871.635 aves com 146 produtores distribuídos em seus municípios. E entre os municípios do Estado, Manaus se encontra como maior produtor de ovos da região, com produção de 59.100 mil dúzias, ocupando a 8ª posição do *ranking* nacional de produção, em seguida vem os municípios de Iranduba, Manacapuru, Rio Preto da Eva e Tabatinga (IBGE, 2022; 2023).

2.2. Alimentos alternativos de origem animal para poedeiras

Um dos principais gargalos da avicultura em algumas regiões do país é a baixa disponibilidade de matéria-prima em virtude da sazonalidade, e o estado do Amazonas enfrenta esse entrave devido a logística e o elevado valor da matéria-prima (Cruz *et al.*, 2016; Batalha *et al.*, 2018). Atualmente pesquisadores estão buscando alimentos alternativos, especialmente

em substituição total ou parcial ao milho e farelo de soja visando minimizar a problemática de escassez de grãos que atendam à produção animal, sendo a avicultura um dos setores que mais exige grãos ou substitutos em suas dietas (Silva *et al.*, 2023).

Os gastos com alimentação representam 70% dos custos totais da produção, motivando a necessidade de encontrar novas alternativas alimentares, sejam elas de origem animal ou vegetal, desde que sua inclusão na alimentação reduza os custos, e tenha valor biológico semelhante ou melhor que o alimento convencional disponível no mercado atendendo às exigências nutricionais dos animais (Rufino *et al.*, 2017). Por conseguinte, os subprodutos utilizados na alimentação de poedeiras podem resultar em menores investimentos, devido a serem de fato ingredientes econômicos que proporcionam dietas com elevada composição nutricional (Enke *et al.*, 2010).

O aumento na produção animal tem levado a um crescimento no número de animais abatidos, resultando em grandes quantidades de resíduos. Após o tratamento adequado, entre os variados subprodutos gerados, encontram-se os subprodutos proteicos, como as farinhas de carne e ossos, sangue, vísceras, penas e peixe. Ademais, há os subprodutos energéticos como óleos e gorduras/sebos, que são obtidos a partir dos tecidos animais após o processamento industrial das carnes (Caires *et al.*, 2010).

O óleo ou gordura é classificado de acordo com a proporção de ácidos graxos saturados e insaturados, dessa forma quanto maior a proporção de ácidos graxos insaturados, mais líquido será o produto (Amorim *et al.*, 2015). Dada a relevância do uso de resíduos industriais, estudos são direcionados para determinar o melhor nível de utilização desses subprodutos. Para sua recomendação é essencial ter o conhecimento de sua origem, é fundamental conhecer os fatores antinutricionais, bactérias, cheiro, cor, sabor que possam afetar a qualidade final das rações produzidas, esses impactos determinam quais ingredientes podem e os que não podem ser utilizados (Bellaver, 2001).

2.2.1. Farinha de carne e ossos

A farinha de carne e ossos é fabricada por graxarias e frigoríficos a partir de ossos e tecidos de animais, após a desossa de carcaças de bovinos, suínos e outros animais. O produto final não deve conter cascos, chifres, pelos, conteúdo estomacal, sangue ou outras impurezas, e o nível de cálcio deve ser no máximo 2,5 vezes o nível de fósforo (Amorim *et al.*, 2015). A farinha de carne e ossos é um ingrediente amplamente utilizado em dietas para frangos de corte

e poedeiras comerciais, pois ajuda a reduzir os custos de formulação. A cada tonelada de carne preparada para consumo humano, cerca de 300 kg são descartados como produtos não comestíveis, dos quais aproximadamente 200 kg são transformados em farinha de carne (Faria Filho *et al.*, 2002). Este ingrediente é rico em proteína bruta, cálcio e fósforo.

A inclusão da farinha de carne e ossos nas dietas de frangos de corte prejudica o desempenho nos períodos de 21 a 49 dias e de 0 a 49 dias. No entanto, a fase de 1 a 21 dias de idade não foi prejudicada. Frangos de corte alimentados com dietas contendo a farinha de carne e ossos apresentaram maiores deposição de gordura abdominal e as demais características de carcaça não foram comprometidas (Faria Filho *et al.*, 2002).

A inclusão de até 12,3% de farinha de carne nas dietas melhora a produtividade e qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas, além de não afetar o sabor dos ovos (Paz *et al.*, 2010). Foi verificado que a farinha de carne e ossos bovinos podem substituir parcialmente o farelo de soja na dieta de codornas japonesas em postura, não causando perdas de desempenho e promovendo economia de custos com alimentação de até 5,24% (Pizzolante *et al.*, 2016). Foram ofertadas dietas contendo 2, 4 e 6% de farinha de carne e ossos de baixa qualidade proteica para poedeiras comerciais em muda forçada; e observaram que a inclusão da FCO acima de 2% resultou na redução no peso dos ovos, sendo que as demais características de desempenho não foram afetadas pelos tratamentos experimentais (Bozkurt; Basmacioglu; Ergul, 2004).

2.2.2. Farinha de penas

No processamento no frango obtém-se como resíduo o sangue, as penas e as vísceras. A queratina é o principal componente das penas representando cerca de 90% do peso das penas, apresentando elevado teor dos aminoácidos como glicina, alanina, serina, cisteína e valina, e menores teores de lisina, metionina e triptofano (Grazziotin *et al.*, 2006). Devido a essa peculiaridade a proteína das penas em seu estado natural apresenta baixa digestibilidade, solubilidade e baixo valor biológico (Bertsch; Coello, 2005). A produção desses resíduos representa alternativa importante a ser usado na alimentação das aves, contudo, é necessário que sua inclusão seja feita de maneira criteriosa, determinando-se um nível máximo que não cause efeitos adversos no desempenho das aves. A inclusão de até 9% da farinha de penas pode ser utilizada na dieta de codornas para corte, exceto no período de 1 a 7 dias, sem prejudicar o desempenho zootécnico dos animais. No entanto, com o aumento do nível de inclusão da

farinha de penas, foi observada diminuição no consumo de ração e no rendimento de coxa e sobrecoxa, enquanto o rendimento de dorso e asas aumentou (Santos *et al.*, 2006).

A farinha de penas e sangue pode ser recomendada em 3,0 a 4,0% em rações pré-iniciais e iniciais para frangos de corte (Xavier *et al.*, 2011). O uso de 2,5% de farinha de penas teve efeitos positivos no desempenho, gerando melhora na conversão alimentar e redução dos níveis do perfil lipídico (Haryanto *et al.*, 2017).

A dieta com farinha de penas e sangue submetida à pressão de hidrólise de 2,5 kgf/cm² por 30 minutos é a mais adequada para a fase pré-inicial de frangos de corte. A farinha de penas e sangue processada a uma pressão de hidrólise de 2,0 kgf/cm² por 40 minutos proporciona os melhores resultados de desempenho e metabolizabilidade dos nutrientes. Até 9% de farinha de penas e sangue podem ser incluídos nas dietas pré-iniciais e iniciais, desde que o processamento dos ingredientes seja bem conhecido (Laboissière *et al.*, 2020). Portanto, é fundamental analisar previamente o processo de produção e estabelecer previamente as características nutricionais do produto desejado.

2.2.3. Sebo bovino

O sebo bovino frequentemente utilizado na indústria avícola, é um subproduto do abate de bovinos e é utilizado como fonte de energia em dietas de frangos. Sua composição de ácidos graxos consiste em aproximadamente 45% de ácido oléico e apenas 1 a 3% de ácido linoléico (Oliveira *et al.*, 2011). Este subproduto é uma fonte energética de baixo custo e também contribui de forma positiva em atender as exigências dietéticas das poedeiras (Martins *et al.*, 2017).

A inclusão de 2,5% de óleo de soja, 2,5% de sebo bovino e a mistura de 1,25% de óleo de soja + sebo bovino, podem ser utilizadas como fontes lipídicas na ração, sem prejudicar o desempenho e a qualidade dos ovos de poedeiras semipesadas da linhagem *Hisex Brown* (Silva *et al.*, 2023). A partir da inclusão de sebo bovino, óleo de soja e uma combinação de sebo bovino com óleo de soja nas dietas de poedeiras da linhagem *Hy-Line W36* com 50 e 62 semanas, não foram observadas diferenças significativas na produção de ovos, massa de ovos, consumo de ração e conversão alimentar por massa de ovos (Nobakht *et al.*, 2011).

Com a inclusão de 10% de óleo de soja e sebo bovino na dieta de poedeiras da linhagem *Hisex Brown* com 42 semanas foi observado que as diferentes fontes lipídicas testadas não afetaram o peso dos ovos, consumo de ração, produção de ovos, peso corporal e massa de ovos

(Pumrojana; Terapuntuwat; Pakdee, 2015). A inclusão de óleo de soja ou sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas, criadas em regiões de clima quente, não influenciou o desempenho produtivo e a qualidade física dos ovos (Martins *et al.*, 2017). O sebo bovino pode ser utilizado nas rações de poedeiras, como opção de fonte lipídica de baixo custo.

2.2.4. Subprodutos de pescados

Conforme o Decreto nº 9.013 de 29 de março de 2017 que aprovou o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, entende-se por "subprodutos não comestíveis de pescado" todo e qualquer resíduo de pescado devidamente elaborado, que se enquadre nas denominações e especificações. Os resíduos resultantes de manipulações do pescado, bem como o pescado condenado, devem ser destinados ao preparo de subprodutos não comestíveis (farinha de peixe, óleo de peixe, cola de pescado, adubo de pescado e solúvel concentrado de pescado).

Durante a atividade de processamento e comercialização uma considerável parcela da produção de pescado é perdida gerando elevada quantidade de resíduos. Esses resíduos por sua vez são frequentemente descartados de maneira incorreta em corpos d'água ou depositados em lixões urbanos, provocando impactos ao meio ambiente. Nesse sentido, tecnologias que reaproveitem esses tipos de subprodutos têm sido estudadas como alternativas para mitigar esses problemas (Rufino *et al.*, 2019).

No Brasil a cultura do aproveitamento dos resíduos do pescado ainda é limitada sendo que a maioria desses resíduos é descartada pelas indústrias de beneficiamento do pescado devido, principalmente, à falta de conhecimento deste recurso como matéria prima e fonte para outros produtos (Nascimento *et al.*, 2018). Os resíduos gerados no beneficiamento do peixe como cabeça, vísceras, nadadeira, cauda, barbatana, escamas e restos de carne, e dependendo da espécie processada e produto final obtido, este descarte pode apresentar percentual entre 8 a 16% no caso do pescado esviscerado, e de 60 a 70% na produção de filés sem pele (Nascimento, 2023).

Além do material residual que é descartado pela indústria, também existe a perda pelo manejo inadequado, resíduos biológicos são gerados desde a reprodução, alevinagem, engorda, processamento e comercialização, até o prato final do consumidor (Guimarães *et al.*, 2019). Os resíduos das indústrias do pescado contêm uma rica composição de compostos orgânicos e

inorgânicos, o que pode prejudicar o meio ambiente se forem despejados de maneiras incorretas ou usada diretamente como alimento para peixes criados em cativeiro (Feltus *et al.*, 2010).

Sob a ótica da NBR 10004 da ABNT (2004), as vísceras de peixe se caracterizam como resíduos sólidos ou semissólidos, aqueles que resultam de atividades industriais, domésticas, agrícolas entre outros, incluindo os lodos das estações de tratamento de efluentes, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, que não podem ser diretamente lançados nas redes públicas de esgoto, tampouco no ambiente. Neste contexto, tecnologias surgem como alternativas para agregar valor aos resíduos que são descartados de forma incorreta ao meio ambiente. A compostagem é uma das alternativas, transformando o resíduo em fertilizantes orgânicos, servindo como adubo para as plantações. O valor nutricional dos resíduos já foi comprovado como sendo rico em proteínas e ácidos graxos essenciais da série ω -3 (Carvalho *et al.*, 2006). Os subprodutos advindos do aproveitamento dos resíduos dos pescados como óleo residual, farinha e silagem de peixe são excelentes alternativas para incluir na alimentação de poedeiras comerciais (Guimarães *et al.*, 2019).

A farinha de peixe pode ser utilizada como alternativa em dietas para poedeiras comerciais, proporcionando melhoria na produção de ovos, conversão alimentar, peso do ovo, redução na alimentação e custo de produção (Silva *et al.*, 2018a). A utilização do óleo residual do pescado não afetou a qualidade dos ovos, pelo contrário, proporcionou resultados de desempenho mais equilibrado e melhor sabor dos ovos (Brelaz *et al.*, 2019).

2.2.4.1. Farinha de peixe

A produção de farinha de peixe, ou farinha de pescado, tem sido historicamente alternativa para o aproveitamento de resíduos, é muito utilizada na alimentação animal, especialmente devido sua aplicação na aquicultura como principal fonte proteica nas rações para a maioria das espécies (Guzel *et al.*, 2011). A farinha de peixe apresenta teores significativos de diversos aminoácidos, ácidos graxos insaturados, alto teor de minerais (principalmente fósforo disponível) e vitaminas (complexos A, D, B) (Rufino *et al.*, 2019). É digestível por grande número de animais, tornando-se um dos principais ingredientes usados na produção de rações de peixes, suínos e aves (Teodoro *et al.*, 2019).

Entretanto a utilização da farinha de peixe apresenta várias características desfavoráveis que limitam seu uso. Primeiramente, há risco permanente de transmissão de agentes causadores de doenças alimentares, como a *Salmonella* spp. A farinha de peixe por ser rica em proteínas,

é extremamente sensível às condições de armazenamento, e em condições inadequadas de armazenamento podem ocorrer processos de degradação das proteínas, seguidos pelo surgimento de aminas biogênicas, como a histamina. Altos níveis de histamina na ração podem causar erosão da moela em galinhas (Mikulec *et al.*, 2004).

A inclusão da farinha de peixe deve ser cuidadosa quanto à quantidade, pois pode conferir sabor e odor característicos aos produtos (Santos *et al.*, 2019). Já foi recomendado que para galinhas poedeiras deve-se incluir a nível prático 2% e no máximo 5% de FP da dieta total (Rostagno *et al.*, 2024). Entretanto, a inclusão de 3% de farinha de peixe na dieta de poedeiras leves da linhagem *White Leghorn* melhorou a produção de ovos, peso dos ovos, espessura da casca e conversão alimentar (Rowghani *et al.*, 2007). Merece destaque também a inclusão de 4,75% de FP na alimentação de poedeiras semipesadas da linhagem *Rhode Island Red*, pois melhorou significativamente o consumo da ração, produção de ovos e o custo por ovos (Asghedom; Kjos; Austbo, 2006).

A utilização desse ingrediente em dietas para poedeiras comerciais quando o objetivo é produzir ovos enriquecidos com PUFA n-3, melhora os seguintes parâmetros zootécnicos: produção de ovos, conversão alimentar, aumento do peso do ovo, equilíbrio na relação gema:albumina e redução do custo de alimentação (Silva *et al.*, 2018a). Os mesmos autores observaram aumento no consumo de ração quando a farinha de peixe foi adicionada em dietas para aves, e isso ocorre devido ao efeito direto dos produtos de origem animal na palatabilidade do alimento, sendo que aves tem preferência por alimentos com teores médios e altos de lipídeos.

A inclusão de farinha de peixe (9%) e aveia branca (10%) em rações à base de milho e farelo de soja provocou acúmulo de gordura na coxa e sobrecoxa de frangos de corte, ocasionando aumento nos níveis de PUFA da série ω -3 (Novello *et al.*, 2008). Outro fato interessante foi que a inclusão em níveis até 8% de farinha de tilápia para frangos de corte na fase de 1 a 42 dias não prejudicou o desempenho das aves, melhorou o desempenho econômico e reduziu as concentrações sanguíneas de fósforo e cálcio (Eyng *et al.*, 2010).

2.2.4.2. Silagem de resíduo de pescado

A silagem de pescado é uma alternativa viável para o aproveitamento de resíduos, principalmente por possuir técnica operacional simples, menor investimento e custo para transformar os resíduos do pescado em produtos de excelência qualidade nutricional, o que

pode minimizar problemas de poluição ambiental, além de servir como ingrediente na dieta dos animais. As silagens de peixes conservam suas características químicas e nutricionais semelhantes ao material de origem (Batalha *et al.*, 2017).

A composição nutricional da silagem está diretamente influenciada pela espécie dos indivíduos e pelas partes utilizadas (cabeça, intestino, resíduos que sobram do processamento do peixe e outros) (Borghesi; Arruda; Oetterer, 2007; Lima *et al.*, 2020). A silagem de peixe é uma excelente fonte de proteína para a alimentação de diferentes espécies de animais (Pimenta; Freato; De Oliveira, 2008). Corroborando com estes autores, a silagem de pescado mostra potencial como excelente fonte proteica de elevado valor biológico e alta digestibilidade (Seibel; Souza-Soares, 2003). Este é um produto microbiologicamente estável e de fácil armazenamento (Machado, 2010).

Os métodos básicos utilizados na produção de silagem de pescado são através da adição de ácidos orgânicos ou inorgânicos (Rufino *et al.*, 2019). A silagem ácida é obtida através da adição de ácidos orgânicos como fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico e acético. Já a produção da silagem biológica é obtida pela adição de microrganismos produtores de ácido láctico juntamente com uma fonte de carboidratos.

Nas duas metodologias há um processo de fermentação controlado, aumentando a durabilidade de conservação desse resíduo, a preservação do material ensilado ocorre pela redução do pH no meio, seja por adição de ácidos ou pela fermentação láctica microbiana (Borghesi, 2004). Ao avaliar a composição química e nutricional da silagem de pescado, Guimarães *et al.* (2021) obtiveram os seguintes resultados nos tratamentos T1, T2 e T3, com proteína bruta (PB) em 32,49, 33,65 e 37,15%; teor lipídico em 30,44, 36,44 e 33,92%; e em cinzas 15,44, 16,46 e 15,67%, respectivamente.

2.2.4.3. Óleo de peixe

De acordo com o Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), o óleo de peixe é definido como um líquido obtido através do processamento de matérias-primas por meio de cocção a vapor, separação por decantação ou centrifugação e subsequente filtração. Suas características devem atender os seguintes critérios (Brasil, 2017):

- a) Cor amarelo claro ou amarelo âmbar, tolerando-se os que apresentarem uma ligeira turvação;
- b) No máximo 1% (um por cento) de impurezas;
- c) No máximo 10% (dez por cento) de umidade;
- d) No máximo 3% (três por cento) de acidez em ácido oléico;
- e) Não conter substâncias estranhas, outros óleos animais ou óleos vegetais.

Brelaz *et al.* (2019) destacaram que o óleo de peixe em geral são fontes ricas de PUFA da família ω -3 e pobre em ω -6, sendo conhecidos como ácidos graxos essenciais justamente por não serem sintetizados pelo organismo dos animais. A presença dos AGPI em peixes desempenha um papel vital na manutenção do mosaico fluido das membranas, armazenamento de energia e regulação da densidade, através do acúmulo em depósitos de gordura, principalmente como triglicerídeos (Lehninger; Nelson; Cox, 2000).

Os principais ácidos graxos n-3 são o ácido linolênico (18:3), o ácido eicosapentaenóico (EPA) 20:5 e o ácido docosahexaenóico (DHA) 22:6, enquanto os principais n-6 são o ácido linoléico 18:2 e o ácido araquidônico 20:4. Os ácidos graxos essenciais conferem benefícios importantes para a saúde, como melhora a doenças cardiovasculares, diabetes, câncer, retina, neurológico e funções imunológicas. Devido a essas vantagens do n-3 para a saúde, tem-se aumentado o interesse desses ácidos graxos essenciais (Lee; Whenham; Bedford, 2019). Estudos demonstram que a suplementação da dieta de poedeiras com óleos vegetais de linhaça ou canola e óleo de peixes aumenta a deposição de PUFA n-3 na gema dos ovos, melhora a palatabilidade da dieta e regula a digestibilidade dos nutrientes (Carvalho *et al.*, 2006; Valentim *et al.*, 2023).

A composição nutricional dos peixes varia de acordo com a espécie, dieta, sexo, idade, época do ano, ambiente, temperatura, condições de cultivo e parte do corpo analisada (Moreira; Silva, 2023). Em seu estudo Almeida e Franco (2007) detectaram 0,13% de EPA e 0,58% de DHA no tecido adiposo da cavidade ocular do matrinxã (*Brycon cephalus*). Murthy, Rai e Bhaskar (2014) detectaram na cabeça da carpa indiana 4,1% de n-3 e 5,7% de n-3, além de 2,8% de EPA e 2,9% de DHA. Pereira *et al.* (2018) em sua pesquisa sobre fontes lipídicas para dieta de tambaquis, encontraram 17 ácidos graxos nos peixes alimentados com os três tipos de óleo (milho, linhaça e peixe), em que a maior concentração de eicosapentaenoico (EPA) e docosaenoico (DHA) foi observada nos tambaquis alimentados com óleo de peixe.

2.3. Importância comercial do tambaqui na Amazônia

Oliveira *et al.* (2022) enfatizaram a importância da gestão do agronegócio pesqueiro para o desenvolvimento econômico do Brasil, e a piscicultura é uma importante atividade na produção animal, responsável pela produção de alimentos de origem animal, sendo um setor do agronegócio que se expande a cada dia. No Brasil sua produção foi de 860.355 mil toneladas de peixe de cultivo (tilápia, tambaqui e outras espécies) em 2022, movimentou valores em torno de 9 bilhões de Reais (PEIXE BR, 2023).

O Brasil atualmente é o País considerado com grande potencial para o desenvolvimento da piscicultura, devido a disponibilidade de recursos hídricos e o clima favorável tanto para espécies de regiões tropicais quanto temperadas, que favorece o cultivo de espécies de peixes de água doce (Quirino *et al.*, 2024). O peixe é um alimento nutritivo, proteico, fonte de aminoácidos essenciais, PUFA, vitaminas, minerais e de fácil digestão, sendo recomendado para pessoas de todas as idades (Pastro *et al.*, 2019). É um produto que possui elevada quantidade de água e é suscetível a transformações enzimáticas, oxidativas e microbiológicas, resultando em um produto extremamente perecível (Altemio *et al.*, 2022).

O tambaqui, representado na Figura 1, é a espécie nativa dos rios Amazonas, Orinoco e seus afluentes, pertencente à ordem Characiformes, família Serrasalmidae, sendo encontrada na bacia Amazônica em países como Brasil, Bolívia, Colômbia, Peru e Venezuela. Além disso é altamente valorizado comercialmente e apreciado pela população brasileira (Soares *et al.*, 2017). É um peixe de grande porte, podendo alcançar mais de 100 cm de comprimentos e 30 kg de peso (Araújo-Lima; Gomes, 2005). Na natureza, o tambaqui inicialmente tem o hábito alimentar onívoro, mudando para uma dieta exclusivamente frugívora na fase adulta (Viroli *et al.*, 2023).



Figura 1. Exemplar de tambaqui.

Fonte: <https://www.peixebr.com.br/?s=tambaqui>

A espécie é altamente apreciada pelos consumidores, um dos principais itens da culinária na região Norte, e entre seus aspectos positivos encontra-se o fato de ser criado em diferentes sistemas de cultivo, principalmente devido sua alta produtividade e rusticidade, resistência a baixa concentração de oxigênio dissolvido, seu hábito alimentar e em condição adequada e manejo eficiente proporciona rápido crescimento em cativeiro (Barçante; Sousa, 2015).

A produção de tambaqui está entre as espécies nativas mais produzidas na região Norte, com destaque para os estados de Rondônia, responsável por cerca de 50% total da produção, seguido por Roraima com participação em torno de 15%, e o Amazonas que aparece em quarto lugar como maior produtor da região sendo encarregado por cerca de 9,2% da produção. Os maiores municípios do estado do Amazonas em valor de produção em 2022 foram Rio Preto da Eva (R\$ 15 milhões) e Manaus (R\$ 12,100 milhões) (IBGE, 2022).

Na região metropolitana de Manaus, Rio Preto da Eva tem se destacado como principal produtor de peixe do estado do Amazonas, resultado da implementação de tecnologias e práticas recomendadas por instituições de ensino, pesquisa e extensão, e essas atividades desenvolvidas juntamente com os produtores locais estão fortalecendo a atividade piscícola, especialmente na criação de tambaqui (Silva *et al.*, 2018b).

Padovani *et al.* (2022) ressaltaram que o tambaqui é composto de ácidos graxos essenciais, apresentando em sua composição os ácidos graxos DHA e EPA, proteínas e minerais, sendo relacionados a menor propensão às doenças cardiovasculares. Os mesmos autores destacaram que a grande maioria do tambaqui é comercializado de forma fresca e eviscerado, e por esse motivo é necessário realizar estudos para desenvolver novas estratégias de corte com o objetivo de agregar valor comercial e diversificar o processamento das espécies nativas no Brasil.

De acordo com Garcia e Maciel (2021), o valor nutricional e os preços dos pescados são influenciados pela composição química, textura, rendimentos e fatores ligados ao método de captura e beneficiamento. É importante destacar que não existe correlação entre o valor calórico e teor proteico com o quilo do pescado entre os diferentes cortes comerciais, indicando que os fatores sensoriais, mercadológicos e culturais são responsáveis pelas variações de preço (Dantas Filho *et al.*, 2021).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Avaliar o potencial zootécnico da inclusão do óleo do resíduo do tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais.

3.2. Objetivos específicos

Caracterizar o perfil lipídico do óleo do resíduo do tabaqui a fim de avaliar o seu potencial de uso em dietas avícolas;

Examinar os efeitos da inclusão do óleo do resíduo do tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo;

Analisar os efeitos da inclusão do óleo do resíduo do tabaqui na alimentação de poedeiras comerciais sobre a qualidade física, química e sensorial dos ovos;

Mensurar a oxidação lipídica das gemas de ovos produzidos por poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo óleo do resíduo do tabaqui;

Indicar o nível ideal de inclusão do óleo do resíduo do tabaqui em dietas para poedeiras comerciais;

Avaliar o perfil de ácidos graxos das gemas de ovos produzidos por poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo óleo do resíduo do tabaqui.

4. REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos sólidos – Classificação**. 2^a ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2023**. São Paulo: ABPA, 2024.
- ALMEIDA, N. M., FRANCO, M. R. B. Fatty acid composition of total lipids, neutral lipids and phospholipids in wild and farmed matrinxã (*Brycon cephalus*) in the Brazilian Amazon area. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 14, p. 2596- 2603, 2007.
- ALTEMIO, A. D. C.; MACHADO, G. L.; FERREIRA, É. S.; SILVA, K. A. L.; MARTINS, N. B. C.; MEDEIROS, S. P. Chemical, physical and microbiological of Nile Tilapiafillets (*Oreochromis niloticus*), kept under refrigeration. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e7411527582, 2022.
- AMORIM, A. F.; SILVA, G. F.; RODRIGUES, K. F.; SOUSA, J. P. L.; SOARES, J. A. R. Subprodutos utilizados na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, v. 9, n. 5, p. 195-210, 2015.
- ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B.; e Gomes, L. C. **Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora da Universidade Federal de Santa Maria, p. 175-193, 2005.
- ARBELÁEZ-ROJAS, G. A.; FRACALLOSSI, D. M.; FIM, J. D. I. Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum*, e matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1059-1069, 2002.
- ASGHEDOM, G.; KJOS, N. P.; AUSTBO, D. Effect of fishmeal supplementation on egg production of Rhode Island Red layers in Eritrea. **Tanzania Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, p. 77-86, 2006.
- BARÇANTE, B.; SOUSA, A. B. Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. **PUBVET**, v. 9, p. 287-290, 2015.
- BATALHA, O. S.; ALFAIA, S. S.; CRUZ, F. G. G.; JESUS, R. S.; RUFINO, J. P. F.; COSTA, V. R. Digestibility and physico-chemical characteristics of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 39, n. 3, p. 251-257, 2017.

- BATALHA, O. S.; ALFAIA, S. S.; CRUZ, F. G. G.; JESUS, R. S.; RUFINO, J. P. F.; SILVA, A. F. Pirarucu by-product acid silage meal in diets for commercial laying hens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 20, n. 2, p. 371-376, 2018.
- BELLAVER, C. **Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações**. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, 2001, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p. 167-190.
- BERTSCH, A.; COELLO, N. A biotechnological process for treatment and recycling poultry feathers as a feed ingredient. **Bioresource Technology**, v. 96, n. 15, p. 1703-1708, 2005.
- BORGHESI, R.; ARRUDA, L. F.; OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 329-339, 2007.
- BORGHESI, R. **Avaliação físico-química, nutricional e biológica das silagens ácida, biológica e enzimática elaboradas com descarte e resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Dissertação de Mestrado. ESALQ-USP, 96p, 2004.
- BORGHESI, R.; KANAMARU, L.; LIMA, F.; SANTOS, V. R. V.; LUIZ, D. B. **Caracterização de resíduos gerados no beneficiamento industrial do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do surubim (*Pseudoplatystoma* sp.)**. Dourado: Embrapa Agropecuária Oeste; Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017.
- BOZKURT, M.; BASMACIOGLU, H.; ERGUL, M. Effect of dietary concentration meat and bone meal on broiler chickens performance. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 11, p. 719723, 2004.
- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Decreto nº 30.691, de 29 de março de 1952. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2017.
- BRELAZ, K. C. B. T. R.; CRUZ, F. G. G.; BRASIL, R. J. M.; SILVA, A. F.; RUFINO, J. P. F.; COSTA, V. R.; VIANA FILHO, G. B. Fish waste oil in laying hens diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, p. 1-10, 2019.
- CAIRES, C. M.; FERNANDES, E. A.; FAGUNDES, N. S.; CARVALHO, A. P.; MACIEL, M. P.; OLIVEIRA, B. R. O uso de subprodutos animais em rações para frangos de corte: utilização de coprodutos animais em dietas para frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 1, p. 41-46, 2010.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M.; SILVA, F. F.; CARVALHO, B. M. A. Silagem de resíduo de peixe em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CEDERHOLM, T.; SALEM, N.; PALMBLAD, J. N-3 fatty acids in the prevention of cognitive decline in humans. **Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 672-676, 2013.

CEDRO, T. M. M. **Níveis de ácidos graxos e qualidade de ovos comerciais convencionais e enriquecidos com ômega-3**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ, 2008.

CREXI, V. T.; SOUZA-SOARES, L. A.; PINTO, L. A. A. Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1642-1648, 2009.

CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; MELO, R. D.; FEIJÓ, J. C.; DAMASCENO, J. L.; COSTA, A. P. G. C. Socio-economic profile of fowl breeding in the State of Amazonas, Brazil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 371-391, 2016.

DANTAS FILHO, J. V.; CAVALI, J.; NUNES, C. T.; NÓBREGA, B. A.; GASPARINI, L. R.; SOUZA, M. L. R.; PONTUSCHKA, R. B. Composição centesimal, valor calórico e espetacular preço-nutrientes de cortes comerciais de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pirarucu (*Arapaima gigas*) em diferentes classes de peso corporal (Amazônia: Brasil). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e23510111698, 2021.

DESSIMONI, T. K. A. S.; AGUIAR, E. F. O uso de farinha de peixe na alimentação de poedeiras como fonte enriquecedora de ovos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e20810817115, 2021.

ENKE, D. B. S.; TABELÃO, V.; ROCHA, C. B.; RUTZ, F.; SOARES, L. A. S. Efeito da inclusão de farinha de silagem de pescado adicionada de farelo de arroz desengordurado na dieta de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 4, n. 2, p. 1-14, 2010.

EYNG, C.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; SILVA, W. T. M.; NAVARINI, F. C.; HENZ, J. R. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2670-2675, 2010.

FARIA FILHO, D. E.; FARIA, D. E.; JUNQUEIRA, O. M.; RIZZO, M. F.; ARAÚJO, L. F.; ARAÚJO, C. S. S. Avaliação da farinha de carne e ossos na alimentação de frangos de corte. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2002.

- FARIAS, A. J. L. F.; BRANDÃO, P. A.; SOUZA, V. J. B. L.; SILVA, H. T.; SOUZA, B. B.; BENÍCIO, T. M. A.; CARVALHO, A. B.; SILVA, M. R. Os sistemas de criação de aves de postura no Brasil e o bem-estar animal. **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, Curitiba, v. 21, n. 12, p. 26534-26564, 2023.
- FELTES, M. M. C.; CORREIA, J. F. G.; BEIRÃO, L. H.; BLOCK, J. M.; NINOW, J. L.; SPILLER, V. R. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 669–677, 2010.
- GARCIA, A. M. L.; MACIEL, H. M. Rendimento de tambaqui em diferentes métodos de filetagem. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e13210413849, 2021.
- GRAZZIOTIN, A.; PIMENTEL, F. A. JONG, E. V.; BRANDELLI, A. Nutritional improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 126, n. 1-2, p. 135-144, 2006.
- GUIMARAES, C. C.; MACIEL, I. V.; SILVA, A. F.; LOPES, A. F.; CARPIO, K. C. R.; SILVA, A. J. I. Aspecto biotecnológicos as silagem biológica de resíduo de tambaqui. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, e006861, 2021.
- GUIMARAES, C. C.; SILVA, A. J. I.; CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; SILVA, A. F.; COSTA, V. R. Digestibility and physicochemical characteristics of tambaqui waste biological silage meal included in commercial layer diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, p. 1-6, 2019.
- GUZEL, S.; YAZLAK, H.; GULLU, K.; OZTURK, E. The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, p. 5053-5058, 2011.
- HAUGH, R. R. **The Haugh unit for measuring egg quality**. U.S. Egg Poultry Magazine, v. 43, p. 552-555, 1937.
- HARYANTO, A.; PURWANINGRUM, M.; ANDITYAS, M. E.; WIJAYANTI, N. Efeito da farinha de penas de frango na taxa de conversão alimentar e no perfil lipídico no sangue de frangos de corte. **Jornal Asiático de Ciência Avícola**, v. 11, n. 2, p. 64-69, 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto de origem animal**, 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/74#resultado>. Acesso em: 21 de abr. de 2024.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de ovos de galinha – 4º trimestre**, 2023. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/home/pog/brasil>. Acesso em: 21 de abr. de 2024.

IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. **Relatório de Atividades IDAM – RAIDAM**, 2019. Disponível em <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/10RAIDAM2019.pdf#page=41.16>.

Acesso em: 15 de jul. de 2024.

IDAM - Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas. **Relatório de Atividades IDAM – RAIDAM**, 2023. Disponível em <http://www.idam.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/07/RAIDAM2022-Versao-Final.pdf#page=54.17>.

Acesso em: 15 de jul. de 2024.

LABOISSIÈRE, M.; DA COSTA, M. A.; JARDIM, R. D. M.; LEANDRO, N. S. M.; CAFÉÉ, M. B.; STRINGHINI, J. H. Pena e farinha de sangue em diferentes graus de processamento em dietas pré-iniciais e iniciais para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. 20190036, 2020.

LEE, S. A.; WHENHAM, N.; BEDFORD, M. R. Review on docosahexaenoic acid in poultry and swine nutrition: Consequence of enriched animal products on performance and health characteristics. **Animal Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 11-21, 2019.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica**. 2ª ed. São Paulo: Sarvier, p. 297-330, 2000.

LIMA, J. L.; GOMES, F. A.; BARRETO, L. V.; ROSA, B. L.; SOUZA, L. P.; FERREIRA, J. B.; FREITAS, H. J. Silagem ácida e biológica de resíduos de peixes produzidos na Amazônia ocidental – Acre. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 36677-36693, 2020.

MACHADO, T. M. Silagem biológica de pescado. **Panorama da Aquicultura**, v. 8, p. 3032, 2010.

MARTINS, R. A.; ASSUNÇÃO, A. S. A.; LIMA, H. J. D.; MARTINS, A. C. S.; SOUZA, L. A. Z. Óleo de soja e sebo bovino na ração de poedeiras semipesadas criadas em regiões de clima quente. **Boletim Industrial Animal**, v. 74, n. 1, p. 51-57, 2017.

MAZZUCO, H. Ações sustentáveis na produção de ovos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial, p. 230-238, 2008.

MELO FILHO, A. A.; OLIVEIRA, A. A.; SANTOS, R. C. Omega-6/Omega-3 and PUFA/SFA in *Colossoma macropomum* grown in Roraima, Brazil. **Orbital: The Electronic Journal of Chemistry**, v. 15, n. 1, 2013.

MIKULEC, Z.; MAS, N.; MASEK, T.; STRMOTIC, A. Soybean meal and sunflower meal as a substitute for fish meal in broiler diet. **Veterinarski arhiv**, v. 74, p. 271-279, 2004.

- MOREIRA, E. A.; SILVA, D. P. Uma dúzia de peixes: algumas espécies exóticas invasoras encontradas em águas brasileiras e seus impactos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, 2023.
- MURTHY, P. S.; RAI, A. K.; BHASKAR, N. Fermentative recovery of lipids and proteins from freshwater fish head waste with reference to antimicrobial and antioxidant properties of protein hydrolysate. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1884-1892, 2014.
- NASCIMENTO, M. S.; PEREIRA, S. J. B.; SANTOS, R. F.; VIEIRA, A. M. Avaliação e caracterização do processo de compostagem de resíduos de peixes. **Pubvet**, v. 12, n. 11, a. 217, p. 1-7, 2018.
- NASCIMENTO, M. S. Produção de compostagem e silagem como gestão sustentável dos resíduos de peixes. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2023.
- NOBAKHT, A.; SAFAMEH, A.; SOZANY, S.; GALANDARI, I.; TAGHAVI, E.; GHABOLI, A. Comparison of effects of using different levels of animal and vegetable fats and their blends on performance of laying hens. **Journal of Basic Applied Scientific Research**, v. 1, p. 1433-1437, 2011.
- NOVELLO, D.; OST, P. R.; FONSECA, R. A.; NEUMANN, M.; FRANCO, S. G.; QUINTILIANO, D. A. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia-branca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 9, p. 1660-1668, 2008.
- OLIVEIRA, D. D.; BAIÃO, N. C.; CANÇADO, S. V.; OLIVEIRA, B. L.; LANA, A. M. Q.; FIGUEIREDO, T. C. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying henson production performance and egg quality. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 995-1001, 2011.
- OLIVEIRA, D. D.; BAIÃO, N. C.; CANCADO, V. S.; GRIMALDI, R.; SOUZA, M. R.; LARA, L. J.; LANA, A. M. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2484-2490, 2010.
- OLIVEIRA, I. A.; LEÃO, A. P. A. Qualidade de ovos de galinhas poedeiras em fase final de produção. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 5, 2024.
- OLIVEIRA, M. A.; SILVA FILHO, A. S.; ANDRADE, S. P.; OLIVEIRA, W. C. M.; CASTRO, W. J. R.; FERRAZ, A. P. F.; SEMIM, C. S.; SERANTE, S. C.; FERREIRA, C. M.; ARAÚJO, F. E. Gestão do agronegócio pesqueiro: Importância do setor para o Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e39511729974, 2022.

- OLIVEIRA, V. M.; ASSIS, C. R. D.; HERCULANO, P. N.; CAVALCANTI, M. T. H.; DE SOUZA BEZERRA, R.; FIGUEIREDO, A. L. Collagenase from smooth weakfish: extraction, partial purification, characterization and collagen specificity test for industrial application. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 43, n. 1, p. 52-64, 2017.
- PACHECO, M. G. F.; GONZAGA, L. F.; ELIOMAR, J. J. S.; NETO, O. J. A. G.; GOMES, W. C. Avaliação da qualidade do adubo orgânico produzido pelo processo de compostagem, a partir dos resíduos de pescado gerados no mercado do peixe em São Luís - MA. **Revista Geama**. v. 5, n. 2, p. 43-48, 2019.
- PADOVANI, J. V.; VALIATTI, T. B.; ROSA, N. B.; GOMES, E. M.; REIS, S.; ROMÃO, N. F.; GASPAROTTO, P. H. G.; SOBRAL, F. O. S. Avaliação microbiológica de peixe tambaqui (*Colossoma macropomum*) comercializado em feira livre no município de Ji-Paraná, Rondônia. **Revista Saúde e Desenvolvimento**, v. 16, n. 24, p. 95-108, 2022.
- PANTOJA-LIMA *et al.* In: MATTOS *et al.* (org.) **Aquicultura na Amazônia: Estudos Técnicos-Científicos e Difusão de Tecnologias**. Ed. Ponta Grossa: Atenas, 2021, p. 1-12.
- PASTRO, D. C.; MARIOTTO, S.; SANTOS, E. C.; FERREIRA, D. C.; CHITARRA, G. S. Use of molecular techniques for the analysis of the microbiological quality of fish marketed in the municipality of Cuiabá, Mato Grosso, Brazil. **Food Science and Technology**, v. 39, Suppl. 1, p. 146-151, 2019.
- PAZ, I. C. L. A.; SILVA, F. L.; GARCIA, R. G.; CALDARA, F. R.; FERREIRA, V. M. O. S.; FREITAS, L. W.; SENO, L. O.; CAVICHIOLO, F. Qualidade e produção de ovos de poedeiras vermelhas alimentados com diferentes níveis de farinha de carne e suplementadas com manjeriço. **Revista Agrária**, v. 3, n. 7, p. 71-77, 2010.
- PEDROSO, A. L.; ASSUMPCÃO, A. C. M.; CASSOL, G. Z.; ABREU, J. S. A.; HOSHIBA, M. A.; SILVA, L. K. S. S. **Mensuração de rendimento e tipos de resíduos gerados no processo de filetagem de tambaquis (*Colossoma macropomum*)**. In: Anais do Latin American Symposium of Food Science, Campinas (SP), 2017.
- PEIXE BR. **Associação Brasileira da Piscicultura**, 2022. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/>>. Acesso em: 20 de abr. de 2024.
- PEREIRA, R. T.; PAULINO, R. R.; ALMEIDA, C. A. L.; ROSA, P. V.; ORLANDO, T. M.; FORTESSILVA, R. Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 199, p. 103-110, 2018.

- PERRY, A.; RASMUSSEN, H.; JOHNSON, E. J. Xanthophyll (lutein, zeaxanthin) content in fruits, vegetables and corn and egg products. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 22, p. 9-15, 2009.
- PIMENTA, M. E. S. G.; FREATO, T. A.; DE OLIVEIRA, G. R. Silagem de pescado: uma forma interessante de aproveitamento de resíduos do processamento de peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 4, p. 592-598, 2008.
- PIZZOLANTE, C. C.; KAKIMOTO, S. K.; MORAES, J. E.; SACCOMANI, A. P. O.; SOARES, D. F.; PASCHOALIN, G. C.; BUDIÑO, F. E. L. Farinha de carne e ossos bovinos como alternativa economicamente viável na alimentação de codornas em fase final. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 2, p. 983-988, 2016.
- PROCÓPIO, D. P.; LIMA, H. J. D. Avaliação conjuntural da avicultura no Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, e47932312, 2020.
- PUMROJANA, P.; TERAPUNTUWAT, S.; PAKDEE, P. Influence of fatty acid composition of soybean oil vs. beef tallow on egg yolk fatty acid profiles of laying hens. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 14, n. 7, p. 383-390, 2015.
- QUIRINO, ÉDEN, F. S.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, V. B.; BARBOSA, E. N. R. Qualidade física em rações para aquicultura de tambaqui (*Collossoma macropomun*): Uma Revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e69575, 2024.
- RAMOS, F. C. P.; LOURENÇO, L. F. H.; JOELE, M. R. S. P.; LIMA, C. L. S.; RIBEIRO, S. C. A. Tambaqui (*Collossoma macropomum*) *sous vide*: characterization and quality parameters. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n. 1, p. 117-130, 2016.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; CALDERANO, A. A.; HANNAS, M. I.; SAKOMURA, N. K.; COSTA, F. G. P.; ROCHA, G. C.; SARAIVA, A.; ABREU, M. L. T.; GENOVA, J. L.; TAVERNARI, F. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2024.
- ROWGHANI, E.; BOOSTANI, A. D.; MAHMOODIAN FARD, H. R.; FROUZANI, R. Effect of dietary fish meal on production performance and cholesterol content of laying hens. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, p. 1747-1750, 2007.
- 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 Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, e49033, 2021.

- RUFINO, J. P. F.; CRUZ, F. G. G.; GUIMARÃES, C. C., SILVA, A. F.; BATALHA, O. S. Uso de subprodutos do pescado na alimentação de aves. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v. 5, n. 1, 2019.
- RUFINO, J. P. F.; CRUZ, F. G. G.; TANAKA, E. S.; MELO, R. D.; FEIJÓ, J. C. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de buriti na alimentação de poedeiras comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 732-738, 2017.
- SANTOS, A. L. S.; GOMES, A. V. C.; PESSÔA, M. F.; MOSTAFÁ, S.; CURVELLO, F. A. Níveis de inclusão de farinha de penas na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de codornas para corte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 1, p. 27-30, 2006.
- SANTOS, F. F.; ROBERTO, R. L.; LIMA, S. P. C. H.; OLIVEIRA, J. B. Avaliação da qualidade de ovos comercializados no município de Manaus – AM. **Higiene Alimentar**, v. 31, p. 109-114, 2017.
- SANTOS, V. L.; RODRIGUES, T. A.; ANCIUTI, M. A.; RUTZ, F. Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. **Medicina Veterinária**, v. 13, n. 3, p. 406-415, 2019.
- SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 333-337, 2003.
- SILVA, A. F.; CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; COSTA, V. R.; GUIMARAES, C. C.; MELO, R. D. Substituição do milho pelo farelo de tucumã em rações para poedeiras comerciais leves. **RAMA - Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, p. e7619, 2023.
- SILVA, L. G.; LIMA, H. J. F.; BITTENCOURT, T. M.; MORALECO, D. D.; MORAIS, M. V. M. AMORIM, C. M. M. Desempenho produtivo e qualidade de ovos de galinhas poedeiras semipesadas alimentadas com diferentes fontes lipídicas. **Ciência Animal**, v. 33, n. 2, p. 69-79, 2023.
- SILVA, L. J. S.; PINHEIRO, J. O. C.; CRESCENCIO, R.; CARNEIRO, E. F.; PEREIRA, B. P.; BRITO, V. F. S. Tecnologia e desenvolvimento rural: aspectos do cultivo de tabaqui no município de Rio Preto da Eva, AM. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 3, p. 170-196, 2018b.
- SILVA, M. G.; SOUSA, V. T. S.; NASCIMENTO, D. C.; PORDEUS, F. Q. Análise da rentabilidade em avicultura: uma avaliação do setor de produção avícola no IFPB-Campus Sousa. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 4, p. 339-344, 2018a.

- SOARES, K. J. A.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S. Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (*Collossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v. 66, p. 491-497, 2017.
- SOUZA, T.; LOPES, C. C.; VIEIRA, R. B.; SANTOS, G. C.; SILVA, R. F.; CALIXTO, E. S.; AZEVEDO, J. A. Quality of brown-shelled eggs marketed in different commercial establishments. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 42, n. 1, p. e46552, 2020.
- TEODORO, J. C.; KRABBE, E. L.; ÁVILA, V. S.; COSTA, A. P. G. C.; BEZERRA, N. S.; VINHAGA, C. **Desidratação de resíduos de peixes como forma de agregação de valor e sustentabilidade ambiental**. In: Anais do Simpósio Brasileiro Sobre Gerenciamento dos Resíduos Agropecuários e Agroindústrias, Florianópolis (SC), 2019.
- TONI, D.; MILAN, G. S.; LARENTIS, F.; EBERLE, L.; PROCÓPIO, A. W. A configuração da imagem de alimentos orgânicos e suas motivações para o consumo. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 2020.
- VALENTIM, J. K.; GARCIA, R. G.; BURBARELLI, M. F. C.; KOMIYAMA, C. M.; SERPA, F. C.; CALDARA, F. R.; MENDES, J. P.; PIETRAMALE, R. T. R.; BARBOSA, D. K.; ALBINO, L. F. T. Fontes lipídicas vegetais na alimentação de codornas japonesas em fase de recria e sua repercussão na fase inicial de produção. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, e-73851, 2023.
- VIROLI, S. L. M.; CARVALHO, N. P.; ARAÚJO, G. M. D.; CAMPOS, V. A. Alteração da concentração das bases voláteis totais ocorridas em amostras de tambaqui armazenados sob refrigeração em diferentes períodos. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 6, n. 1, p. 1-12, 2023.
- XAVIER, S. A. G.; STRINGHINI, J. H.; BRITO, A. B.; ANDRADE, M. A.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M. Farinha de penas e sangue em dietas pré-iniciais e iniciais para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1745-1752, 2011.

CAPÍTULO II – USO DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS REGIONAIS NA DIETA DE AVES NA AMAZÔNIA

Os resultados deste capítulo foram publicados na forma de artigo científico no Observatorio de La Economia Latinoamericana. O texto encontra-se formatado conforme as normas da revista.

5. INTRODUÇÃO

A estrutura atual do sistema alimentar global resulta em disponibilidade alimentar subótima para alimentação animal, pois uma proporção significativa dos recursos usados para esse propósito pode ser consumida por humanos (Mottet *et al.*, 2017; Sandström *et al.*, 2022). Essa competição reduz a eficiência desse sistema alimentar existente, já que os custos ambientais e de recursos são maiores quando as terras aráveis são usadas para produção de ração animal em vez de contribuir diretamente para o consumo humano (Bowles *et al.*, 2019).

Entre os alimentos convencionais mais utilizados nas dietas de animais que se enquadram nesse cenário estão o milho, o farelo de soja, a farinha de carne e ossos, o farelo de trigo, o calcário, o fosfato bicálcico, o óleo de soja e outros (Cruz; Rufino, 2017). Dentre estes, o milho (fonte de referência de energia) e o farelo de soja (fonte de referência de proteína) são os mais importantes, compreendendo 80 a 90% das dietas de aves, suínos e peixes (Cruz; Rufino, 2017; Sandström *et al.*, 2022).

Neste contexto, o uso de subprodutos dos sistemas alimentares em dietas animais tem sido proposto como uma solução para lidar com essa competição (Van Zanten *et al.*, 2018). Essa abordagem visa aumentar a eficiência do uso de recursos, reduzir a pressão ambiental sobre terras aráveis e ecossistemas de água doce, diminuir as emissões de gases de efeito estufa e o uso de fertilizantes (Van Kernebeek *et al.*, 2016; Van Hal *et al.*, 2019), além de aumentar a circularidade nos sistemas agrícolas (Van Zanten *et al.*, 2018). Aumentar o uso de subprodutos e resíduos de culturas como alimentos alternativos na dieta animal também pode ser lucrativo, pois muitos deles estão amplamente disponíveis e apresentam baixo custo (Van Hal *et al.*, 2019; Sandström *et al.*, 2022).

Em várias regiões brasileiras, particularmente em territórios como a Amazônia, há problemas que causam aumentos nos custos de rações e, conseqüentemente, nos custos de dietas balanceadas para aves, suínos e peixes (Cruz *et al.*, 2016). Esses problemas estimulam pesquisas sobre alimentos alternativos usando subprodutos agroindustriais para minimizar esses

custos, que podem representar de 60 a 80% dos custos totais de produção (Cruz *et al.*, 2016; Cruz; Rufino, 2017). Esses subprodutos agroindustriais são geralmente processados em farinhas e incorporados às dietas animais como um suplemento nutricional, além de fornecer vantagens competitivas (Cruz; Rufino, 2017).

Diante do exposto, o objetivo desta revisão foi apresentar um panorama acerca das aplicações de subprodutos amazônicos na alimentação de aves de produção, concentrando-se em seus efeitos na sua eficiência sobre o desempenho produtivo e econômico destas aves. Vale ressaltar que pesquisas como essa são importantes economicamente para a produção animal pois oferecem informações valiosas para o setor avícola acerca dos avanços científicos que estão acontecendo, além de atualizar-lhes acerca das novas tendências que podem estar sendo aplicadas na indústria.

6. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo baseou-se em uma revisão abrangente da literatura sobre alimentos alternativos a partir de subprodutos amazônicos na avicultura concentrando-se na sua atuação como alternativas aos alimentos convencionais sobre o desempenho produtivo e econômico em aves de produção. Para a coleta de dados plataformas como *PubMed*, *ScienceDirect*, *Google Scholar*, *Scopus* e os periódicos disponibilizados pela Capes foram consultadas para identificar publicações pertinentes ao tema. Como critério de busca não foi adotada restrição de tempo, explorando a totalidade dos artigos disponíveis. Porém, para a descrição da temática especificamente buscou-se publicações específicas utilizando-se as seguintes palavras-chave: “alimento alternativo”, “alternative foods”, “poultry science”, “poultry”, “resíduos agrícolas”, “crop residues”, “animal nutrition” e “nutrição animal”. Foram incluídas 80 publicações, abrangendo o período de 1990 a 2024, que abordam o uso de subprodutos amazônicos como fontes alternativas de alimentação na avicultura, com foco em sua composição nutricional, digestibilidade, impacto na saúde e no crescimento das aves, bem como nos aspectos econômicos da sua implementação. As publicações selecionadas incluíram estudos experimentais que abordaram tanto a viabilidade prática quanto os efeitos comparativos em relação aos ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja. Além disso, os artigos analisaram as limitações e potencialidades dos resíduos agrícolas, considerando fatores como disponibilidade regional, custo-benefício e impacto ambiental. Todos os documentos selecionados foram meticulosamente analisados e sintetizados para atender aos objetivos

estabelecidos para este estudo.

7. REFERENCIAL TEÓRICO

7.1. Critérios para validação de um ingrediente como alimento alternativo em dietas de aves

Para que um ingrediente seja “validado” como alimento alternativo em dietas de aves, ele deve atender a quatro princípios básicos (Cruz; Rufino, 2017; Brunetti *et al.*, 2022; Abbas, 2023):

- Apresenta composição química ou valor biológico semelhante ou superior ao alimento alvo convencional (aquele que normalmente serve como fonte de determinado nutriente ou fonte de energia dentro da composição da dieta);
- Ter um volume de produção anual que permita atender, ainda que parcialmente, a demanda da avicultura;
- Possibilitar que o desempenho produtivo das aves seja igual ou superior ao obtido com a utilização da ração alvo convencional, bem como impactar positivamente na qualidade dos produtos gerados pela atividade (carne, ovos etc.);
- Após considerar todos os custos de aquisição e processamento, apresente um valor de mercado menor ou, no máximo, igual ao alimento alvo convencional.

Entretanto, dentro desses princípios, há alguns pontos pertinentes que também precisam ser destacados, que são:

- Além de apresentar composição química semelhante ou superior à do alimento alvo convencional, o ingrediente que se pretende utilizar como alimento alternativo não deve apresentar fatores antinutricionais que possam causar intoxicações ou distúrbios metabólicos nas aves, nem interferir na utilização dos nutrientes, afetando negativamente sua saúde e desempenho produtivo (Sakomura; Rostagno, 2016; Woyengo *et al.*, 2017);
- Dentro da disponibilidade e volume de produção do ingrediente ao longo do ano, duas questões devem ser essencialmente consideradas: 1) a questão da sazonalidade, pois há ingredientes que dependem muito de fatores sazonais, ou seja, sua produção é totalmente ou mais de 70% concentrada em um período ou estação do ano muito limitada, o que impede sua disponibilidade total durante todo o ano. Isso ocorre

principalmente com ingredientes ligados a cadeias extrativas (sem cultivo ou com baixo uso de cultivo) (Rufino *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2016; Rufino *et al.*, 2017; Melo *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018b; Batalha *et al.*, 2019; Rufino *et al.*, 2020; Brelaz *et al.*, 2021a; Silva *et al.*, 2023); 2) a questão logística é fundamental, pois mesmo que o ingrediente tenha volume de produção ao longo do ano para ser utilizado na dieta de aves, ele deve estar acessível para compra pelos produtores durante o mesmo período, ou seja, deve haver rotas de transporte que possibilitem o acesso a esses recursos (Cruz *et al.*, 2016; Cruz; Rufino, 2017; Brunetti *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2023);

- Para ser validado como alimento alternativo, o ingrediente em teste pode fornecer resultados de desempenho semelhantes ao alimento alvo convencional, desde que ofereça benefícios adicionais à qualidade do produto gerado pela atividade, enriquecendo assim sua composição nutricional e aumentando seu valor de mercado (Feijó *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2017; Batalha *et al.*, 2018; Costa *et al.*, 2018a; Brelaz *et al.*, 2019; Brunetti *et al.*, 2022; Rufino *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2023);
- Não faz sentido utilizar um ingrediente como alimento alternativo em dietas de aves se ele tiver um custo de produção maior que o alimento convencional, independentemente dos benefícios adicionais que ele possa trazer à atividade produtiva. O alimento alternativo deve necessariamente ter um custo menor ou no máximo igual ao alimento alvo convencional ou impactar diretamente na redução do preço da dieta (Rufino *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2016; Rufino *et al.*, 2017; Costa *et al.*, 2018b; Batalha *et al.*, 2019; Rufino *et al.*, 2020; Brelaz *et al.*, 2021).

Com base nessas premissas e seus pontos pertinentes, é possível decidir sobre o uso de um ingrediente como alimento alternativo em dietas de aves, seja sua inclusão como aditivo nas dietas ou como substituição parcial ou total de um ingrediente alvo convencional (Rufino *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2017; Melo *et al.*, 2017; Batalha *et al.*, 2019; Rufino *et al.*, 2020; Brelaz *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2023). Idealmente, para validá-lo como alimento alternativo, esse ingrediente deve atender integralmente a todas essas premissas e seus pontos pertinentes, permitindo sua plena utilização em dietas, independentemente de seu impacto ser apenas local, regional, nacional ou internacional. Nesse caso, a escala desse impacto na cadeia se torna um fator adicional, pois um ingrediente pode não ter impacto na cadeia avícola nacional ou internacional, mas pode resolver um problema local ou regional e, conseqüentemente, melhorar a atividade avícola existente ali.

7.2. Importância dos alimentos alternativos para a Amazônia

A literatura apresentou a Amazônia como o principal exemplo de região brasileira onde todos os problemas supracitados podem ser observados (Clement *et al.*, 2005; Rufino *et al.*, 2015; Cruz *et al.*, 2016). Ao mesmo tempo, esses autores também relataram que a Amazônia possui uma grande variedade de espécies nativas com potencial econômico, tecnológico e nutricional para aplicação na nutrição animal como alimentos alternativos.

O uso correto do potencial dessa biodiversidade, aliado ao reaproveitamento de subprodutos, pode gerar impactos significativos nos aspectos produtivos, econômicos, sociais e ambientais (Cruz *et al.*, 2016; Cruz e Rufino, 2017; Silva *et al.*, 2023). Além disso, as atuais demandas dos consumidores por alimentos saudáveis e naturais aumentam o número de pesquisas na área de nutrição animal, que visam encontrar alternativas para substituir alimentos sintéticos utilizados em dietas, a fim de manter ou aumentar a produtividade animal e a qualidade de seus produtos, além de reduzir custos e melhorar a lucratividade (Garcia *et al.*, 2009).

Vários estudos já foram conduzidos utilizando subprodutos agroindustriais de frutas amazônicas como alimentos alternativos ou produtos derivados da biodiversidade local como aditivos em dietas de aves (Cruz *et al.*, 2006; Miller *et al.*, 2013; Melo *et al.*, 2015; Rufino *et al.*, 2015; Feijó *et al.*, 2016; Melo *et al.*, 2017; Rufino *et al.*, 2017). Esses estudos tiveram como objetivo verificar a viabilidade produtiva e econômica da utilização desses subprodutos na avicultura, bem como enfatizar seu impacto ambiental positivo. Nesse sentido, o aproveitamento de subprodutos agroindustriais em conjunto com a avicultura pode ser uma boa alternativa para evitar danos ambientais, otimizando a produção por meio de técnicas de reciclagem e agregação de valor (Rufino *et al.*, 2015; Cruz; Rufino, 2017; Melo *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2023).

7.3. Principais alimentos alternativos de origem vegetal da biodiversidade Amazônica

7.3.1. Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e seus subprodutos são certamente os ingredientes nativos da Amazônia que mais foram testados e validados tanto produtiva quanto economicamente em dietas para frangos de corte e aves poedeiras (Morgan; Choct, 2016;

Bakare *et al.*, 2021). A mandioca, também conhecida como aipim, é uma raiz nativa da América do Sul, especialmente da Amazônia. É cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo, tolera solos pobres, doenças e seca, e pode render entre 25 a 60 toneladas/ha (Chauynarong *et al.*, 2009; Diarra; Devi, 2015). Os maiores produtores de mandioca são Brasil, Indonésia, Nigéria, Tailândia, Vietnã e República Democrática do Congo (FAOSTAT, 2011; FAO, 2014; Khempaka *et al.*, 2014; Diarra; Devi, 2015). A mandioca também é relatada como a terceira maior fonte mundial de carboidratos para consumo humano (Fauquet; Fargette, 1990), sendo um componente importante na dieta de mais de 800 milhões de pessoas no mundo (FAO, 2014).

Considerada uma planta cianogênica, a mandioca produz ácido cianídrico (HCN), podendo ser classificada de acordo com o teor de HCN presente em suas raízes. A mandioca é determinada quanto ao nível de toxicidade, como mandioca mansa, amplamente cultivada para consumo humano devido baixo teor de HCN, enquanto que a mandioca brava ou amarga, devido alto teor de HCN é inadequada para consumo humano e animal (Linhares *et al.*, 2019).

Conforme Chauynarong *et al.* (2009), embora a mandioca possua uma variedade de derivados, apenas uma pequena fração, especialmente subprodutos remanescentes do consumo humano, é destinada à alimentação animal. Para animais não ruminantes, as raízes e folhas são partes relevantes que podem ser incorporadas às dietas (Bakare *et al.*, 2021). Subprodutos da raiz são igualmente significativos na alimentação de não ruminantes devido à semelhança em composição nutricional com as raízes (Chauynarong *et al.*, 2015). Dentre os subprodutos, a manipueira é um dos mais importantes na produção de farinha de mandioca, constituindo água residual do processamento das raízes, representando cerca de 30% da matéria-prima processada e podendo alcançar 60% ou mais na produção de fécula (Albuquerque *et al.*, 2024).

A mandioca destaca-se como uma fonte energética promissora para dietas de aves devido à sua alta concentração de amido, caracterizado por alta digestibilidade, frequentemente superior à do amido de grãos de cereais (Bakare *et al.*, 2021). Entretanto, apresenta baixo teor de proteína, e essa proteína possui qualidade limitada, com teores muito reduzidos de aminoácidos essenciais (Morgan; Choct, 2016). Ademais, como ocorre com diversos subprodutos agroindustriais, pode ser necessária a suplementação enzimática para facilitar a digestão da fibra presente nas cascas (Kheravii *et al.*, 2018).

Tabela 1. Estudos testando diferentes formas de mandioca em dietas de aves.

Autor	Categoria animal	Forma e utilização da mandioca	Resultados
Silva <i>et al.</i> (2000)	Frangos de corte de crescimento rápido	Inclusão de farinha de folhas de mandioca	Digestibilidade diminuída, energia metabolizável aparente (EMAn) e EMA corrigida (AMEn). A adição de complexos multienzimáticos melhorou essas características. O nível mais alto de inclusão impactou negativamente o desempenho, enquanto uma baixa inclusão não prejudicou o desempenho. Os complexos multienzimáticos não aumentaram o valor nutricional da farinha de folhas de mandioca.
Khempaka <i>et al.</i> (2009)	Frangos de corte de crescimento rápido	Inclusão de polpa de mandioca	Até 8% de inclusão era produtivamente viável. No entanto, níveis mais altos de inclusão causaram o alto teor de fibras nas dietas e reduziram o ganho de peso e a gordura abdominal.
Ferreira <i>et al.</i> (2021)	Frangos de corte de crescimento rápido	Inclusão do farelo de raiz de mandioca	O farelo da raiz de mandioca pode ser incluído na dieta de frangos de corte da linhagem Cobb 500, no período de 10 a 42 dias, em níveis de até 7,5%, sem comprometer o desempenho zootécnico das aves, assim como rendimento de carcaça, corters e vísceras comestíveis.
Albuquerque <i>et al.</i> (2024)	Frangos de corte de crescimento lento	Inclusão de feno de rama de mandioca	A inclusão de feno de rama de mandioca, nos níveis de 4 e 6%, juntamente com enzimas exógenas, nas dietas de frangos de crescimento lento até 70 dias, reduziu o consumo de ração sem comprometer o ganho de peso, o que pode levar à redução de custos para os produtores.
Brum <i>et al.</i> (1990)	Frangos de corte de crescimento rápido	Substituição do milho por farinha de mandioca	Frangos de corte criados até 56 dias de idade podem utilizar até 66,66% de farinha de mandioca em substituição ao milho em suas dietas sem comprometer o desempenho.
Vieira <i>et al.</i> (2022)	Frangos de corte de crescimento lento	Resíduos de mandioca substituem milho	Não foram observadas diferenças no ganho de peso, consumo de ração, rendimento de carcaça, peito e vísceras, cor da carne, luminosidade, pH, força de cisalhamento e perda de peso por cozimento e perda por gotejamento. No entanto, a eficiência alimentar e o rendimento de coxa e sobrecoxa reduziram no nível de 20%. Incluir até 13,4% pode ser uma alternativa para reduzir o milho nas dietas.
Carrijo <i>et al.</i> (2010)	Frangos de corte de crescimento lento	Substituição do milho por farinha de mandioca	Até 55% de inclusão não prejudica o desempenho, uma vez que a metionina é adicionada para suplementação de proteína.
Arruda <i>et al.</i> (2008)	Frangos de corte de crescimento lento	Substituição do milho por farinha de mandioca	Não foi observada diferença estatística nos parâmetros avaliados.
Cruz <i>et al.</i> (2006)	Galinhas poedeiras	Substituição do milho por farinha de subprodutos de mandioca	É possível substituir 100% do milho sem alterar a produção de ovos e a eficiência alimentar. No entanto, essa substituição dependerá do custo da alimentação alternativa e, conseqüentemente, do custo da ração, além do custo dos pigmentos utilizados para corrigir a redução da cor da gema.

Fonte: Elaboração própria.

A literatura relata resultados variados sobre o uso da mandioca e seus subprodutos em dietas para frangos de corte de crescimento rápido e lento, e poedeiras, especialmente dependendo do tipo de produto e do nível de inclusão utilizado (Matte *et al.*, 2021). Isso fica evidente ao observar os estudos listados na Tabela 1. Especialmente em dietas para frangos de corte de crescimento lento e galinhas, devido ao potencial energético da mandioca e seus subprodutos, bem como aos bons resultados obtidos com frangos de corte de crescimento rápido, a maioria dos estudos avaliou a substituição do milho.

7.3.2. Tucumã

O fruto do tucumã é o principal produto da palmeira, classificada em duas espécies: *Astrocaryum vulgare* Mart, encontrada na Amazônia Oriental (Amapá, Maranhão, Pará e Tocantins); e *A. aculeatum* Meyer, que ocorre no Oeste do Amazonas (Amazonas, Roraima, Rondônia e Acre) (Clement *et al.*, 2005). É uma palmeira perene cujo os frutos e sementes é utilizada na alimentação humana e de animais, com floração ocorrendo entre julho a janeiro, com frutificação na época chuvosa, de fevereiro a agosto (Lima *et al.*, 2014).

Didonet e Ferraz (2014) afirmaram ainda que cerca de 367,8 toneladas de frutos de tucumã são comercializados anualmente em mercados da cidade de Manaus, seu principal centro comercial, gerando um grande volume de resíduos, principalmente cascas e sementes. Além disso, todos esses resíduos podem apresentar excelente potencial nutricional, principalmente os resíduos da região do mesocarpo do fruto e do conteúdo interno das sementes, que se tornam acessíveis na forma de farelo (Clement *et al.*, 2005; Miller *et al.*, 2013; Didonet; Ferraz, 2014).

Em termos de composição, o fruto maduro do tucumã, apesar das variações de volume e peso encontradas em nível de produção, apresenta médias aproximadas de 24% (polpa), 28% epicarpo (casca) e 48% endocarpo (semente) (Simões, 2010). Nutricionalmente, o tucumã e seus resíduos destacam-se por inúmeras propriedades nutricionais, como potencial calórico devido ao alto teor de carboidratos solúveis, além de teores consideráveis de fibras, provitamina A (caroteno) e lipídios (Gentil; Ferreira, 2005; Ferreira *et al.*, 2008).

Apesar de o tucumã ser um dos principais produtos nativos da Amazônia com potencial para uso em dietas de aves, as referências sobre seu uso são escassas. No entanto, os estudos existentes indicam que o tucumã e seus subprodutos têm potencial produtivo, biológico e econômico para essas dietas. Costa *et al.* (2018a,b) observaram que o uso de até 25% de farinha

de subproduto de tucumã em dietas de frangos de corte não compromete o desempenho, a carcaça ou o perfil bioquímico sérico, além de melhorar a eficiência produtiva sem afetar significativamente os custos. Em galinhas poedeiras, Miller *et al.* (2013) e Rufino *et al.* (2015) concluíram que até 20% de inclusão de farinha de subproduto de tucumã pode ser usada como ração alternativa e fonte de pigmento natural para a gema, sem impacto na eficiência alimentar, produção, massa ou qualidade dos ovos, reduzindo custos e aumentando a lucratividade. Silva *et al.* (2023) demonstraram que é possível substituir até 60% do milho por farinha de tucumã sem prejudicar o desempenho e a qualidade dos ovos, com boa viabilidade econômica.

7.3.3. Açaí

O açaí se destaca comercialmente como a fruta nativa mais importante da Amazônia, principalmente devido ao seu alto teor energético, propriedades farmacêuticas e aplicações medicinais (Clement *et al.*, 2005). Agronomicamente, a palmeira do açaí é classificada em duas espécies, *Euterpe oleracea* Mart., encontrada na Amazônia Oriental (AP, MA, PA e TO); e *E. precatoria* Mart., encontrada em terras secas ou várzeas da Amazônia Ocidental (AM, RR, RO e AC) (Clement *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2014). É importante ressaltar que essas duas espécies têm valores nutricionais e rendimentos distintos (Silva *et al.*, 2014).

A polpa de açaí é o produto mais importante obtido do processamento do fruto do açaí, porém representa apenas 10% da massa total do fruto, sendo os restos descartados como resíduos, representando um volume considerável de resíduos produzidos e descartados anualmente sem serem reutilizados ou integrados aos ciclos da economia circular (Menezes *et al.*, 2008). A semente de açaí tem despertado o interesse de vários produtores, e em alguns casos, tem sido utilizado de forma empírica, como alternativa alimentar.

Em dietas para aves, Arruda *et al.* (2018), incluindo níveis crescentes de farelo de semente de açaí em dietas para frangos de corte de crescimento lento, relataram que ele pode ser incluído em até 10% sem causar perda de desempenho e sendo economicamente equivalente ao tratamento controle, apresentando um insumo alternativo viável para esses frangos de corte. Rufino *et al.* (2020a,b; 2021; 2023), incluindo níveis crescentes de farelo de açaí em dietas para poedeiras leves, relataram que uma inclusão moderada (até 10%) pode melhorar o desempenho e as características físicas e sensoriais dos ovos, além de ter boa viabilidade econômica para sua utilização. No entanto, todos esses autores observaram que níveis mais elevados podem causar problemas para as aves devido ao alto teor de fibras dessa ração alternativa, que naturalmente aumenta o nível de fibras da dieta.

7.3.4. Buriti

O buriti (*Mauritia flexuosa* Mart) é considerado como a palmeiras mais abundante e presente no bioma amazônico, destaca-se pelas diversas propriedades nutricionais aliadas à facilidade de cultivo em climas tropicais, levando produtores a investirem na sua exploração em terras amazônicas, particularmente cooperativas de pequenos agricultores do Pará, Amazonas, Rondônia e Acre (Clement *et al.*, 2005; Rufino *et al.*, 2017). A polpa é o produto mais valioso do fruto do buriti, com seu rendimento variando de acordo com o tamanho do fruto, genótipo, local de produção e período de colheita. Em média, a composição do fruto é composta por 24% de casca, 21% de polpa e 55% de sementes (Santos; Coelho-Ferreira, 2012).

Dada essa riqueza nutricional e o foco na polpa, o buriti também gera resíduos orgânicos provenientes do seu processamento (Rufino *et al.*, 2017b), que podem ser incluídos em dietas de aves. No entanto, ainda são poucos os estudos testando o buriti e seus subprodutos em dietas de aves, embora estes tenham apresentado bons resultados. Rufino *et al.* (2017a), por exemplo, testaram a inclusão de níveis crescentes (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) de farinha de resíduo de buriti em dietas para poedeiras leves e relataram que ela pode ser utilizada como aditivo em níveis moderados sem aumento dos custos com ração e sem perda de renda bruta. No entanto, em níveis de até 25%, os autores relataram aumento no consumo de ração, custo de produção e diminuição da lucratividade.

7.4. Principais alimentos alternativos de origem animal da biodiversidade Amazônica

As principais alternativas de rações animais da Amazônia utilizadas na dieta de aves são aquelas derivadas de peixes nativos, principalmente por meio do reaproveitamento de subprodutos do seu processamento. Isso se deve principalmente ao fato de que, tanto na Amazônia, no Brasil e no mundo em geral, a cadeia produtiva de peixes gera um considerável excesso de resíduos, com quase 50% desses resíduos sendo descartados de forma inadequada, causando poluição do ar, poluição das águas superficiais pelo escoamento, bem como poluição do solo e das águas subterrâneas (Guimarães *et al.*, 2021).

Os subprodutos provenientes do aproveitamento dos resíduos de pescado, surge como alternativa promissora na dieta de animais de interesse zootécnico, uma vez que são ricos em proteínas e ácidos graxos essenciais da série ω -3 (Carvalho *et al.*, 2006; Guimarães *et al.*, 2019).

Segundo Nascimento *et al.* (2023), os resíduos gerados do beneficiamento do pescado, como cabeça, vísceras, nadadeira, cauda, barbatana, escamas e restos de carne, e dependendo da espécie processada e produto final obtido, este descarte pode apresentar percentual entre 8 a 16% no caso do pescado esviscerado, e de 60 a 70% na produção de filés sem pele.

Historicamente, a produção de farinha de peixe tem sido o método mais comum para utilização de resíduos de peixe, particularmente devido à sua ampla aplicação na formulação de rações para aves, suínos e peixes (Guzel *et al.*, 2011; Cruz; Rufino, 2017; Guimarães *et al.*, 2021). Nutricionalmente, a farinha de peixe e os subprodutos de peixe fornecem um perfil de aminoácidos equilibrado, notável por seu alto teor de aminoácidos essenciais (Wilson, 1989), bem como proteína de alta qualidade, bons níveis de ácidos graxos insaturados e altos níveis de minerais (especialmente fósforo disponível) e vitaminas dos complexos A, D e B (Mikulec *et al.*, 2004; Guimarães *et al.*, 2021).

A inclusão da farinha de peixe deve ser cuidadosa quanto a quantidade, pois pode conferir sabor e odor característico ao produto final, e recomenda-se que para galinhas poedeiras deve-se incluir a nível prático 2% e no máximo 5% da farinha de peixe na dieta total (Rostagno *et al.*, 2024).

Em relação ao uso de espécies nativas de peixes e seus subprodutos em dietas para aves, Silva *et al.* (2017) testando níveis crescentes de inclusão (0, 1, 2, 3 e 4%) de farinha de resíduos de peixe em dietas para poedeiras, relataram que pode melhorar a produção de ovos, a eficiência alimentar, o peso dos ovos, a relação gema-albúmen e reduzir o custo da ração e o custo de produção. Rowghani *et al.* (2007) notaram que a inclusão de 3% de farinha de peixe na alimentação de poedeiras leves da linhagem White Leghorn melhorou a produção de ovos, peso dos ovos, espessura da casca e conversão alimentar. Em estudos conduzidos por Eyng *et al.* (2010), constataram que a inclusão de até 8% de farinha de peixe para frango de corte na fase de 1 a 42 dias não prejudicou o desempenho das aves, favorecendo a rentabilidade econômico.

Batalha *et al.* (2017, 2018, 2019), avaliando a inclusão crescente (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 e 3,0%) de silagem ácida de resíduos de pirarucu em dietas para poedeiras, relataram que pode ser utilizada até 2,5% sem efeitos negativos no desempenho e na qualidade dos ovos, além de reduzir os custos de produção de ovos. Além disso, até 3%, apresenta boa digestibilidade dos nutrientes e potencial como fonte de energia. Shabani *et al.* (2021), testaram os efeitos de diferentes concentrações de silagem de resíduo de peixe na dieta de frango de corte sobre o desempenho, microbiota e morfologia intestinal. Os resultados indicaram que o aumento da

inclusão da silagem melhorou a conversão alimentar, aumentou o peso do fígado e população de bactérias ácido lácticas, e reduziu significativamente a população de coliformes no íleo.

Guimarães *et al.* (2019) analisaram a digestibilidade da silagem biológica de resíduos de tabaqui em dietas de galinhas poedeiras e concluíram que até 5% pode ser incluída com boa digestibilidade dos nutrientes, representando uma fonte potencial de energia e proteína. Brelaz *et al.* (2019; 2021a,b; 2024) testaram níveis crescentes (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 e 3,5%) de óleo de resíduo de peixe em dietas para poedeiras e observaram que a inclusão afetou significativamente o perfil bioquímico sérico, alterando níveis de glicose, triglicerídeos, colesterol total e ácido úrico, sem prejudicar a qualidade dos ovos. No entanto, níveis mais altos impactaram negativamente o desempenho, o perfil bioquímico sérico, a lucratividade e o sabor dos ovos, sendo 1,50% o nível com melhor viabilidade econômica.

Em estudo realizado por Mazzali *et al.* (2004), observaram que a inclusão de 3% em dietas com diferentes fontes de gorduras (óleo de canola, girassol, linhaça, peixe e uma mistura de linhaça e peixe) não influenciou na qualidade externas de ovos. Da mesma forma Agboola *et al.* (2016), ao utilizarem óleo de soja e óleo de peixe na dieta de poedeiras, observaram que a suplementação não afetou o desempenho produtivo e os parâmetros de qualidade dos ovos. Bertipaglia *et al.* (2016), destacaram que as fontes lipídicas testadas, inclusive a de resíduo de peixe podem ser utilizadas na dieta de codornas poedeiras como fonte energética sem afetar a qualidade externa dos ovos.

8. CONCLUSÃO

O uso de alimentos alternativos regionais em dietas de aves na Amazônia apresenta uma solução promissora para os desafios econômicos e ambientais enfrentados na produção avícola. A incorporação de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheitas na ração animal não só contribui para a redução dos custos de produção, que podem representar até 80% dos custos totais, mas também promove a sustentabilidade ambiental. Estudos mostram que muitos desses subprodutos têm valor nutricional comparável ou superior ao da ração convencional, oferecendo uma alternativa viável e sustentável para a avicultura na região Amazônica.

9. REFERÊNCIAS

- ABBAS, B.A. Alimentos tradicionais e não tradicionais na alimentação de aves: uma revisão. **Radinka Journal of Science and Systematic Literature Review**, v. 1, n. 2, p. 111–127, 2023. <https://doi.org/10.56778/rjslr.v1i2.139>
- AGBOOLA, A.F.; OMIDIWURA, B.R.O.; OYEYEMI, A.; IYAYI, E.A.; ADELANI, A.S. Effects of four dietary oils on cholesterol and fatty acid composition of egg yolk in layers. **International Journal of Nutrition and Food Engineering**, v. 10, n. 2, 2016.
- ALBUQUERQUE, M.F.; SILVA, I.H.L.; GOMES, F.A.; OLIVEIRA, I.N.L.C.; DIOGO, I.A.J.; NASCIMENTO, A.M.; GARCIA, A.M.; LOBATO, A.L.S. Fenó de rama de mandioca e enzimas exógenas, na alimentação de frangos de crescimento lento na região Amazônica, Brasil. **Observatório de la economía latinoamericana**, v. 22, n. 7, p. e5726, 2024. <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-112>
- ARRUDA, C.G.; ALCANTARA, J.S.; CEREDA, M.P.; ABREU, A.P. Avaliação de parâmetros de produção de frangos Label Rouge alimentados com mandioca inteira em substituição ao milho, como forma de sustentabilidade para pequenos produtores. *In: ANAIS DE FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA*, 2008, Tupã, São Paulo, Brasil.
- 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. Farelo de semente de açaí na alimentação de frangos de corte de crescimento lento. **Acta Amazônica**, v. 48, p. 298-303, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201703994>
- BAKARE, A.G.; ZINDOVE, T.J.; IJI, P.A.; STAMATOTOPOULOS, K.; COWIESON, A.J. Uma revisão das limitações do uso de farinha de mandioca em dietas de aves e o papel potencial de enzimas microbianas exógenas. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 426, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02853-6>
- BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R. Digestibilidade e características físico-químicas da farinha de silagem ácida de eliminação de pirarucu em dietas para poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Ciências Animais**, v. 3, p. 251-257, 2017. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.35112>
- BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; GUIMARÃES, C.C. Análise econômica da farinha proveniente da silagem ácida de resíduos de pirarucu em dietas para poedeiras comerciais leves. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 363-375, 2019. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p363-375>

- BATALHA, O.S.; ALFAIA, S.S.; CRUZ, F.G.G.; JESUS, R.S.; RUFINO, J.P.F.; SILVA, A.F. Farelo de silagem ácida de subproduto de pirarucu em dietas para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 2, p. 371-376, 2018. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2017-0518>
- BERTIPAGLIA, L.A; SAKAMOTO, M.I.; BERTIPAGLIA, L.M; MELO, G.M.P. Lipid sources in diets for eggs-laying japanese quail: performance and egg quality. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 38, n. 3, p. 281-284, 2016.
- BOWLES, N.; ALEXANDRE, S.; HADJIKAKOU, M. O setor pecuário e as fronteiras planetárias: uma perspectiva de "limites ao crescimento" com implicações alimentares. **Economia Ecológica**, v. 160, p. 128-136, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.01.033>
- BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R.; VIANA FILHO, G.B. Óleo de resíduos de peixe na dieta de galinhas poedeiras. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 21, n.4, p. 001-010, 2019 <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1069>.
- BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F. Viabilidade econômica do óleo do resíduo de pescado na alimentação de poedeiras comerciais leves. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 27-35, 2021a. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n1e007618>
- BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; COSTA, V.R.; SANTOS, A.N.A. Apparent digestibility of fish waste oil in diets for laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 46, p. e66788, 2024. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v46i1.66788>
- BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; SANTOS, A.N.A. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de poedeiras leves alimentadas com rações contendo óleo do resíduo de pescado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 1 p. 223-230, 2021b. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11704>
- BRUM, P.; GUIDONI, A.L.; ALBINO, L.F.T.; CESAR, J.S. Farelo de mandioca integral em dietas para frangos de corte galinhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 25, 1367-1373, 1990.
- BRUNETTI, L.; LEUCI, R.; COLONNA, M.A.; CARRIERI, R.; CELENTANO, F.E.; BOZZO, G.; LOIODICE, F.; SELVAGGI, M.; TUFARELLI, V.; PIEMONTESE, L. (2022). Food Industry Byproducts as Starting Material for Innovative, Green Feed Formulation: A

Sustainable Alternative for Poultry Feeding. **Molecules**, v. 27, n. 15, p. 1-22, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27154735>

CARRIJO, A.S.; FASCINA, V.B.; SOUZA, K.M.R.; RIBEIRO, S.S.; ALLAMAN, I.B.; GARCIA, A.M.L.; HIGA, J.A. Níveis de farelo de raiz de mandioca integral em dietas para galinhas caipiras. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 1, p. 131-139, 2010.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M.; SILVA, F.F.; CARVALHO, B.M.A. Silagem de resíduo de peixe em dietas para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CHAUYNARONG, N.; BHUIYAN, M.M.; KANTO, U.; IJI, P.A. Variation in nutrient composition of cassava pulp and its effects on in vitro digestibility. **Asian Journal of Poultry Science**, v. 9, n. 4, p. 203-212, 2015. <https://doi.org/10.3923/ajpsaj.2015.203.212>

CHAUYNARONG, N.; ELANGO VAN, A. V.; IJI, P. A. The potential of cassava products in diets for poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n. 1, p. 23-36, 2009. <https://doi.org/10.1017/S0043933909000026>

CLEMENT, C.R.; LLERAS, P.E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Revista Brasileira de Agrociências**, v. 9, n.1-2, p. 67-71, 2005.

COSTA, A.P.G.C., CRUZ, F.G.G., RUFINO, J.P.F., FEIJÓ, J.C., MELO, R.D. Viabilidade econômica do farelo de tucumã em dietas para frangos de corte. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 4, p. 225-233, 2018b. <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i4.28894>.

COSTA, A.P.G.C.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; FEIJÓ, J.C.; MELO, R.D.; MELO, L.D.; DAMASCENO, J.L. Tucumã meal in diets for broilers on performance, carcass traits and serum biochemical profile. **Archivos de Zootecnia**, v. 67, n. 257, pág. 137-142, 2018a. <https://doi.org/10.21071/az.v67i257.3501>

CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F. **Formulação e fabricação de rações (aves, suínos e peixes)**. Manaus, Brasil: EDUA, 2017.

CRUZ, F.G.G.; PEREIRA FILHO, M.; CHAVES, F.A.L. Efeito da substituição do milho por farinha de casca de mandioca em dietas para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 6, p. 2303-2308, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000800015>

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 estado do Amazonas, Brasil. **Revista em**

Agronegócio e Meio Ambiente, v. 9, n. 2, p. 371-391, 2016. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2016v9n2p371-391>

DIARRA, S.S.; DEVI, A. Feeding value of some cassava by-products meal for poultry: A review. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 14, n. 10, p. 735-741, 2015.

DIDONET, A.A.; FERRAZ, I.D.K (2014). Comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey - Arecaceae) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 2, p. 353-362, 2014. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-108/13>

EYNG, C.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; SILVA, W. T. M. da.; NAVARINI, F. C.; HENZ, J. R. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2670-2675, 2010.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2014). *Food Outlook: Biannual report on global food markets*. Rome: FAO.

FAOSTAT. (2019). *Food and Agriculture Statistics Data*. Retrieved June 11, 2024, from <http://www.fao.org/faostat/en/#data>

FAUQUET, C.; FARGETTE, D. African cassava mosaic virus: Etiology, epidemiology and control. **Plant Disease**, v. 74, n. 5, p. 404-411, 1990. <http://dx.doi.org/10.1094/PD-74-0404>

FEIJÓ, J.C.; CRUZ, F.G.G.; MELO, R.D.; RUFINO, J.P.F.; DAMASCENO, J.L.; COSTA, A.P.G.C Farinha de cará (*Dioscorea trifida* L.) sobre desempenho, qualidade de ovos e bioquímica sérica de poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.17, n. 3, p. 413-423, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000300008>

FERREIRA, B.L.; BRITO, D.A.P.; BAYÃO, G.F.V.; SERRA, J.L.; SOUSA, E.M.; SANTOS, W.S.D.; SANTOS, T.C.; LIMA, V. Utilização de níveis crescentes de farelo de raiz de mandioca na dieta de frangos de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, p. e69289, 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v22e-69289>

FERREIRA, E.S.; LUCIEN, V.G.; AMARAL, A.S.; SILVEIRA, C.S. Caracterização físico-química do fruto e óleo extraído do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **Alimentos e Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 427-433, 2008.

GARCIA, E.A.; MOLINO, A.B.; BERTO, D.A.; PELÍCIA, K.; OSERA, R.H.; FAITARONE, A.B.G. Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais alimentadas com sementes moídas de urucum (*Bixa orellana* L.) na dieta. **Veterinária e Zootecnia**, v. 16, n. 4, p. 689-697, 2009.

- GENTIL, D.F.O.; FERREIRA, S.A.N. (2005). Morfologia do *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae) em desenvolvimento. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 3, p. 337-342, 2005. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000300005>
- GUIMARÃES, C.C.; MACIEL, I.V.; SILVA, A.F.; LOPES, A.F, CARPIO, K.C.R.; SILVA, A.J.I. Biotechnological aspects of biological silage of Tambaqui residues. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 205-215, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n1e006861>
- GUIMARÃES, C.C.; SILVA, A.J.I.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; SILVA, A.F.; COSTA, V.R. Digestibility and physicochemical characteristics of tambaqui waste biological silage meal included in commercial layer diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, n. 3, p. 1-6. 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0869>
- GUZEL, S.; YAZLAK, H.; GULLU, K.; OZTURK, E. The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 25, p. 5053-5058, 2011.
- KHEMPAKA, S., MOLEE, W., GUILLAUME, M. Dried cassava pulp as an alternative feedstuff for broilers: Effect on growth performance, carcass traits, digestive organs, and nutrient digestibility. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 18, n. 3, p. 487-493, 2009. <https://doi.org/10.3382/japr.2008-00124>
- KHEMPAKA, S.; THONGKRATOK, R.; OKRATHOK, S.; MOLEE, W. An evaluation of cassava pulp feedstuff fermented with *A. oryzae* on growth performance, nutrient digestibility and carcass quality of broilers. **Journal of Poultry Science**, v. 51, n. 1, p. 71-79, 2014. <https://doi.org/10.2141/jpsa.0130022>
- KHERAVII, S.K.; MORGAN, N.K.; SWICK, R.A.; CHOCT, M.; WU, S.B. Roles of dietary fibre and ingredient particle size in broiler nutrition. **World's Poultry Science Journal**, v. 74, n. 2, p. 301-316, 2018. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000259>
- LIMA, L.P.; GUERRA, G.A.D.; MING, L.C.; MACEDO, M.R.A. Ocorrência e usos do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em comunidades ribeirinhas, quilombolas e de agricultores tradicionais no município de Irituia, Pará. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 5, n. 3, p. 762-778, 2014. <https://doi.org/10.18542/amazonica.v5i3.1604>
- LINHARES, A.L.F.A.; SEIXAS, B.C.; MAIA, M.J.O. Determinação quantitativa do ácido cianídrico em mandioca. **e-Scientia**, v. 11, n. 2, p. 1-7, 2019.

- MATTE, W.D.; SILVA.; H.M.; ZEFERINO, C.P. Subprodutos da mandioca como alimento alternativo para frangos de corte. **Pubvet**, v. 15, n. 08, a895, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v15n08a895.1-11>
- MAZALLI, M.R.; FARIA, D.E.; SALVADOR, D.; ITO, D.T. A comparison of the feeding value of different sources of fats for laying hens: 1. Performance characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.274-279, 2004
- MELO, R.D.; CRUZ, F.G.G.; FEIJÓ, J.C.; RUFINO, J.P.F.; DAMASCENO, J.L.; DIAS, E.C.S.; BRANDÃO, A.B.T. Digestibility of diets containing cara flour (*Dioscorea trifida* L.) for laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v. 14, n. 3, p. 156-160, 2015. <https://doi.org/10.3923/ijps.2015.156.160>
- MELO, R.D.; CRUZ, F.G.G.; FEIJÓ, J.C.; RUFINO, J.P.F.; MELO, L.D.; COSTA, A.P.G.C. Viabilidade econômica da farinha de cará na alimentação de poedeiras comerciais leves. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 18(2), 221-230, 2017. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000200001>
- MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U.S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, v. 38, n.2, p.311-316, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0044-596720080002000014>
- MIKULEC, Z.; MAS, N.; MASEK, T.; STRMOTIC, A. Soybean meal and sunflower meal as a substitute for fishmeal in broiler diet. **Veterinarski arhiv**, v. 74, n. 4, p. 271-279, 2004.
- MILLER, W.M.P.; CRUZ, F.G.G.; CHAGAS, E.O.; SILVA, A. Flour from tucum (*Astrocaryum vulgare* Mart.) residue in the diet of laying hens. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 105-114, 2013. <https://doi.org/10.7213/academica.7761>
- MORGAN, N.K.; CHOCT, M. Cassava: Nutrient composition and nutritive value in poultry diets. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 4, p. 253-261, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.08.010>
- MOTTET, A.; HAAN, C.; FALCUCCI, A.; TEMPIO, G.; OPIO, C., GERBER, P. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. **Global Food Security**, v. 14, p. 1-8, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>
- NASCIMENTO, M.S. Produção de compostagem e silagem como gestão sustentável dos resíduos de peixes. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 2, n. 2, p. 1-15, 2023.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CALDERANO, A.A.; HANNAS, M.I.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; ROCHA, G.C.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; GENOVA, J.L.;

- TAVERNARI, F.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2024.
- ROWGHANI, E.; BOOSTANI, A.D.; MAHMOODIAN FARD, H.R.; FROUZANI, R. Effect of dietary fish meal on production performance and cholesterol content of laying hens. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 10, p. 1747-1750, 2007.
- 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 Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, p. e49033, 2021. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.49033>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; DIAS, F.J.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.R.P.; MELO, P.L.G. Açai meal on diet digestibility for commercial laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 42, p. e46926, 2020a. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v42i1.46926>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; MELO, L.D.; COSTA, A.P.G.C.; BEZERRA, N.S. Brazil nut oil in diets for breeder cocks. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, p. e37472, 2017b. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.37472>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; MILLER, W.P.M.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C.; CHAGAS, E.O. Economical analysis of the inclusion of flour residue of tucumã (*Astrocaryum vulgare*, Mart) in the feeding of laying hens. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 1-9, 2015. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000100001>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; BRASIL, R.J.M.; MELO, L.D.; ANDRADE, P.G.C (2020b). Economic viability of bran from açai wastes in the meal of light commercial laying hens. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, p. 867-882, 2020b. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n3p867-882>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; OLIVEIRA FILHO, P.A.; CHAVES, F.A.L.; MENDONÇA, M.A.F.; SILVA JUNIOR, J.L. Farelo de açai (*Euterpe precatoria*) como alimento alternativo em dietas para poedeiras comerciais leves. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 4, p. 1-18, 2023. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n4e11466>
- RUFINO, J.P.F.; CRUZ, F.G.G.; TANAKA, E.S.; MELO, R.D.; FEIJÓ, J.C. Análise econômica da inclusão de farinha do resíduo de buriti na alimentação de poedeiras comerciais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 4, p. 732-738, 2017a. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170085>
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição monogástrica**. Jaboticabal: Funep, 2016.

- 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. **Nature Food**, v. 3, p. 729-740, 2022. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00589-6>
- SANTOS, R. S.; COELHO-FERREIRA, M. O estudo etnobotânico de *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae) em comunidades ribeirinhas do município de Abaetetuba, Pará, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 1, p. 1–10, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100001>
- SHABANI, A.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; GHOORCHI, T.; ZEREHDARAN, S.; ASHAYERIZADEH, A. Evaluation of increasing concentrations of fish waste silage in diets on growth performance, gastrointestinal microbial population, and intestinal morphology of broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, p. 114874, 2021
- SILVA, A.F.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R.; GUIMARÃES, C.C.; MELO, R.D. Substituição do milho pelo farelo de Tucumã em rações para poedeiras comerciais leves. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, v. 16, n. 2, p. e7619, 2023. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2023v16n2e7619>
- SILVA, A.F.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MILLER, W.M.P.; FLOR, N.S. Fish by-product meal in diets for commercial laying hens. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n.3, p. 273-279, 2017. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.34102>
- SILVA, H.O.; FONSECA, R.A.; GUEDES FILHO, R.S. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas para frangos de corte com e sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 823-829, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000300026>
- SILVA, M.A.; CHAAR, J.S.; NASCIMENTO, L.R.C. Polpa de açaí: o caso da produção do pequeno produtor urbano de Manaus. **Scientia Amazonia**, v. 3, n. 2, p. 65-71, 2014.
- VAN HAL, O.; DE BOER, I.J.M.; MULLER, A.; DE VRIES, S.; ERB, K.-H., SCHADER, C.; GERRITS, W.J.J.; VAN ZANTEN, H.H.E. Upcycling food leftovers and grass resources through livestock: Impact of livestock system and productivity. **Journal of Cleaner Production**, v. 219, p. 485-496, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.329>
- VAN KERNEBEEK, H.R.; OOSTING, S.J.; VAN ITTERSUM, M.K.; BIKKER, P.; DE BOER, I.J. Saving land to feed a growing population: Consequences for consumption of crop and livestock products. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, p. 677-687, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0923-6>

VAN ZANTEN, H.H.E.; HERRERO, M.; VAN HAL, O.; RÖÖS, E.; MULLER, A.; GARNETT, T.; GERBER, P.J, SCHADER, C.; DE BOER , I.J.M. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. **Global Change Biology**, v. 24, p. 4185-4194, 2018.

<https://doi.org/10.1111/gcb.14321>

VIEIRA, S.S.; VIEIRA, E.; DOS S.; BARBOSA, F.R.S.; LIMA, A. de C.S.; MARINHO, A.M.; REIS, C.P dos.; TAVARES, F.B.; OLIVEIRA, L.R.S.; ALVES, K.S, NETA, E.R dos S. Cassava residues in the diet of slow-growing broilers. **Acta Amazonica**, v. 52, n. 3, p. 189-198, 2022.

<https://doi.org/10.1590/1809-4392202100843>

WILSON, R.P. **Protein and amino acid requirements of fishes**. In S. Y. Shiau (Ed.), Progress in fish nutrition (pp. 1-10). Keelung: National Taiwan Ocean University, 1989.

WOYENGO, T.A.; BELTRANENA, E.; ZIJLSTRA, R.T Effect of anti-nutritional factors of oilseed co-products on feed intake of pigs and poultry. **Animal Feed Science and Technology**, v. 233, p. 76-86, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.05.006>

CAPÍTULO III – USO DO ÓLEO DE RESÍDUO DE TAMBAQUI NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS COMERCIAIS

Os resultados desta pesquisa foram submetidos na forma de artigo científico ao periódico *Tropical Animal and Health Production*.

10. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos agrícolas como milho e soja para consumo humano tem criado um conflito com a demanda por esses mesmos produtos em dietas animais (Van Zanten et al., 2018; Sandström et al., 2022). Além disso, a indústria pecuária tem demonstrado uma demanda crescente pelo uso de subprodutos agrícolas para suprir a necessidade de matérias-primas, ao mesmo tempo em que agrega valor a esses resíduos e aproveita seu potencial nutricional, fomentando assim sistemas mais circulares e ambientalmente sustentáveis (Röös et al., 2017; Van Hal et al., 2019).

Nesse contexto, a busca por ingredientes que potencializem a composição nutricional dos ovos se alinha à necessidade de substituição de insumos tradicionais nas dietas de aves, melhorando tanto a qualidade do produto quanto reduzindo os custos com ração, que representam aproximadamente 70% das despesas totais de produção (Cruz e Rufino, 2017). Esse desafio é particularmente evidente em regiões com dificuldades logísticas, como a Amazônia, onde o isolamento geográfico leva a altos custos de matéria-prima, tornando a produção avícola mais cara e menos competitiva (Cruz et al., 2016; Batalha et al., 2017).

Dentre os setores geradores de resíduos com potencial de reaproveitamento, a aquicultura é um dos setores de produção animal que mais cresce no mundo (FAO, 2022). No Brasil, essa indústria tem experimentado um crescimento notável, particularmente no cultivo de espécies nativas, que são bem adaptadas a diversos ambientes aquáticos, oferecendo vantagens em resiliência, produtividade e apelo de mercado (Cyrino et al., 2010; Alhazzaa et al., 2019; FAO, 2022). Dentre essas espécies nativas, o tambaqui (*Colossoma macropomum*) se destaca como um contribuidor-chave devido ao seu forte desempenho, adaptabilidade às condições tropicais e preferência do consumidor por sua carne de alta qualidade (Cyrino et al.,

2010; Guimarães et al., 2019; Boscolo et al., 2011). A ênfase em espécies nativas não apenas apoia a sustentabilidade da aquicultura no Brasil, mas também posiciona o país como líder em práticas de aquicultura inovadoras e ambientalmente conscientes (Ferreira et al., 2021; Souza Cornélio, 2022).

Tecnologias voltadas ao aproveitamento de resíduos da aquicultura têm sido amplamente estudadas como alternativa para mitigar os desafios ambientais, pois esses resíduos são ricos em energia e nutrientes, tornando-os viáveis para uso na alimentação animal (Carvalho et al., 2006; Rufino et al., 2019). Nesse contexto, o óleo de peixe pode potencializar a concentração de ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs) das séries ômega-3 (n-3) e ômega-6 (n-6), essenciais para a manutenção das membranas celulares, das funções cerebrais e da transmissão nervosa, além de prevenir diversas doenças (Dessimoni e Aguiar, 2021). Estudos já destacaram o potencial de subprodutos da indústria de peixes de água doce, como o tambaqui, para essa finalidade, pois apresentam composição média de 21,23% de ômega-6 e 2,45% de ômega-3 (Melo Filho et al., 2013). Além disso, altos níveis de ácido oleico (C18:1), ácido palmítico (C16:0) e ácido linoleico (C18:2), os principais representantes dos ácidos graxos ômega-6, foram identificados em filés de tambaqui de fontes cultivadas e selvagens (Oliveira et al., 2010; Ramos et al., 2016).

A partir disso, foi levantada a hipótese de que o óleo de resíduo de tambaqui (TRO) poderia ser utilizado como aditivo em dietas para galinhas comerciais devido ao seu potencial de enriquecer a composição nutricional dos ovos e auxiliar no desempenho saudável das aves (Brelaz et al., 2019; Brelaz et al., 2021a,b; Brelaz et al., 2024), além do impacto ambiental positivo que o reaproveitamento de resíduos dessa espécie de peixe pode gerar (Guimarães et al., 2021; Guimarães et al., 2025).

11. MATERIAL E MÉTODOS

11.1. Local de desenvolvimento do estudo

O experimento foi realizado nas instalações do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), situada no Setor Sul do Campus Universitário, Manaus, Amazonas, Brasil (Figura 1). Os protocolos experimentais desta pesquisa foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas (protocolo nº 23105.024246/2024-80).



Figura 1. Vista aérea e entrada frontal do Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da UFAM.

Fonte: www.avimazon.ufam.edu.br

11.2. Aquisição e caracterização do óleo do resíduo do tabaqui

O óleo de resíduo de tabaqui foi obtido no Laboratório de Nutrição Animal do Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ) da Universidade Federal do Amazonas, localizado no município de Parintins-AM (Figuras 2 e 3) seguindo a metodologia utilizada no trabalho de Crexi et al. (2009).



Figura 2. Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia (ICSEZ).

Fonte: Souza, T. (2025)



Figura 3. Laboratório de Nutrição Animal do ICSEZ.

Fonte: Souza, T. (2025)

As vísceras de tabaqui foram obtidas das feiras de peixes comerciais do município de Parintins, e em seguida transportadas em recipientes plásticos, sendo imediatamente congeladas ao chegar no laboratório. Para iniciar o processo de extração do óleo de peixe, os resíduos foram descongelados à temperatura ambiente e posteriormente picados em um moedor de carne. A matéria-prima picada foi cozida a uma temperatura de 95-100 °C por 30 minutos. Após o

cozimento, a mistura foi peneirada em uma peneira Tyler n° 14 para remover as impurezas. As frações foram separadas por centrifugação e as frações de óleo foram separadas e armazenadas em frascos âmbar (-20 °C) para análises posteriores (Figura 4).



Figura 4. A- Resíduo triturado, B- Cozimento, C- Filtragem, D- Centrifugação, E- Óleo de resíduo, F- Armazenamento

Fonte: Souza, T. (2025)

Uma amostra do óleo de resíduo de tabaqui foi armazenada em recipiente hermeticamente fechado, devidamente identificado, e encaminhada ao laboratório comercial de análise de alimentos CBO® (Campinas, SP, Brasil) para determinação das proporções de ácidos graxos.

11.3. Instalações, aves, dietas e desenho experimental

O aviário experimental (Figura 5), apresenta 17 metros de comprimento, 3,5 metros de largura e altura de teto de 3,25 m, com adaptações estruturais para melhor bem-estar das aves. A temperatura e a umidade relativa foram monitoradas usando um termohigrômetro digital. Durante todo o período experimental, as poedeiras também foram monitoradas quanto aos sinais de estresse térmico causado pelo ambiente.

O período experimental foi de 63 dias, dividido em três períodos de 21 dias cada. Foram utilizadas 144 poedeiras comerciais da linhagem *Hisex Brown* com 50 semanas de idade, previamente submetidas a um período de adaptação de sete dias às dietas e instalações. As aves foram pesadas ($1,70 \pm 0,0025$ Kg) no início do período experimental para padronizar as parcelas, sendo alojadas em gaiolas de arame galvanizado (0,45 metros de altura, 0,40 metros de largura e 1,00 metro de comprimento), acomodando seis aves cada, suspensas em uma única linha, com

comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*. As aves receberam 16 horas de luz por dia (12 horas de luz natural + 4 horas de luz artificial) durante todo o período experimental. A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia (9 e 15h00), com registro de cada ocorrência diária (mortalidade, nº de ovos, entre outros).



Figura 5. A- Galpão experimental, B- disposição das gaiolas no aviário experimental
Fonte: Souza, T. (2025)

As poedeiras foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, composto pelo tratamento controle (sem inclusão) e três níveis de inclusão do óleo do resíduo do tabaqui (1,5, 3 e 4,5%) nas dietas, com seis repetições de seis aves cada. As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas para atender aos requisitos nutricionais das poedeiras através do programa computacional Supercrac (TD Software[©], Viçosa, Brasil) utilizando os valores de referência descritos por Rostagno et al. (2024) e os valores obtidos para a composição do óleo do resíduo do tabaqui previamente e de ensaios prévios. Para fins de comparação, foi realizada uma análise aproximada das dietas para avaliar a precisão dos valores calculados.

Tabela 2. Composição das dietas experimentais

Ingredientes	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui (%)			
	0	1.5	3.0	4.5
Milho (7,88%)	66,67	62,22	58,06	53,97
Farelo de soja (46%)	20,98	23,99	26,51	28,79
Óleo de resíduo de tabaqui	0,00	1,50	3,00	4,50
Calcário calcítico	9,64	9,63	9,37	9,36
Fosfato bicálcico	1,66	1,65	2,03	2,34
Suplemento vitamínico mineral*	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-metionina (99%)	0,15	0,13	0,13	0,13
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
	Nutrientes			
Energia metabolizável, kcal/kg	2.950,00	2.950,00	2.950,00	2.950,00
Proteína bruta, %	16,50	16,50	16,50	16,50
Cálcio, %	4,20	4,20	4,20	4,20
Fósforo disponível, %	0,47	0,47	0,47	0,47
Fibra bruta, %	2,54	2,63	2,72	2,76
Metionina + Cistina, %	0,66	0,66	0,68	0,70

Metionina total, %	0,40	0,39	0,40	0,41
Lisina total, %	0,75	0,82	0,88	0,94
Treonina total, %	0,59	0,63	0,66	0,69
Triptofano total, %	0,18	0,19	0,21	0,22
Sódio, %	2,64	2,76	2,89	3,01

* Níveis garantidos por quilo 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 qsp, 1.000 g.

11.4. Qualidade física dos ovos

O desempenho das poedeiras foi avaliado de acordo com a metodologia descrita por Rufino et al. (2021). O consumo de ração (g/ave/dia) foi calculado ao longo de um período de 21 dias, obtido pelo quociente entre o total de ração consumida e o número de aves, considerando a quantidade de ração oferecida durante o ciclo menos a sobra ao final de cada ciclo. Enquanto isso, a produção de ovos (%) foi determinada pela razão entre o total de ovos produzidos e o total de ovos possíveis de serem produzidos, multiplicada por cem. Já a conversão alimentar foi calculada em duas formas: a conversão alimentar em kg/kg, determinada pelo quociente entre o total de ração consumida (kg) e o total da massa dos ovos produzidos, e a conversão alimentar em kg/dúzia, obtida pelo total de ração consumida dividido pelo número de dúzias de ovos produzidos. Por fim, a massa do ovo (g) foi determinada pelo quociente entre o peso total dos ovos e a produção de ovos, dividido por cem.

11.5. Qualidade física dos ovos

Para as análises de qualidade física dos ovos, este estudo utilizou a metodologia descrita por Rufino et al. (2021). Nos dois últimos dias de cada período de 21 dias, quatro ovos de cada repetição foram selecionados aleatoriamente, totalizando 288 ovos durante todo o período experimental para analisar sua qualidade. As variáveis de qualidade dos ovos avaliadas foram: peso do ovo (PO), gravidade específica (GE), altura do álbum (AA), altura da gema (AG), diâmetro da gema (DG), coloração da gema (PG), porcentagem de álbum (PA), porcentagem de gema (PG), espessura da casca (EC), porcentagem de casca (PC), índice da gema (IG) e unidade de Haugh (UH). Os ovos foram identificados de acordo com sua parcela do tratamento, e em seguida pesados em uma balança eletrônica (0,01 g) (Figura 6).



Figura 6. Pesagem do ovo
Fonte: Souza, T. (2025)

Após a pesagem os ovos inteiros foram colocados em cestos de arame e imersos em baldes contendo diferentes níveis de cloreto de sódio (NaCl) com variações de densidade de 1.075 a 1.100 g/cm³ (intervalo de 0.005) para avaliar a gravidade específica. Os ovos eram retirados ao flutuarem até a superfície, e seus respectivos valores anotados (Figura 7).



Figura 7. A- Diferentes concentrações salinas, B- ovos flutuando na concentração salina
Fonte: Souza, T. (2025)

Os ovos foram quebrados sobre uma placa de vidro plana para determinar a altura do albúmen e da gema usando um paquímetro eletrônico. Esse procedimento de mensuração consiste em medir região mediana, entre a borda externa do albúmen e a gema (Figura 8).

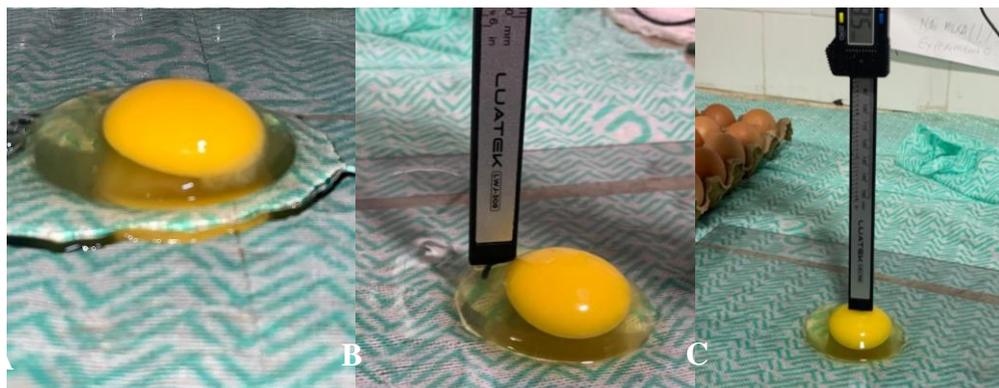


Figura 8. A- Conteúdo interno do ovo, B- Aferição da altura do albúmen, C- Aferição da altura da gema

Fonte: Souza, T. (2025)

Após a leitura de altura do albúmen e da gema foi aferido com auxílio de um paquímetro digital o diâmetro da gema (Figura 9).



Figura 9. Diâmetro da gema

Fonte: Souza, T. (2025)

A cor da gema foi avaliada usando um leque colorimétrico ROCHE[®] com uma escala de 1 a 15 (Figura 10).

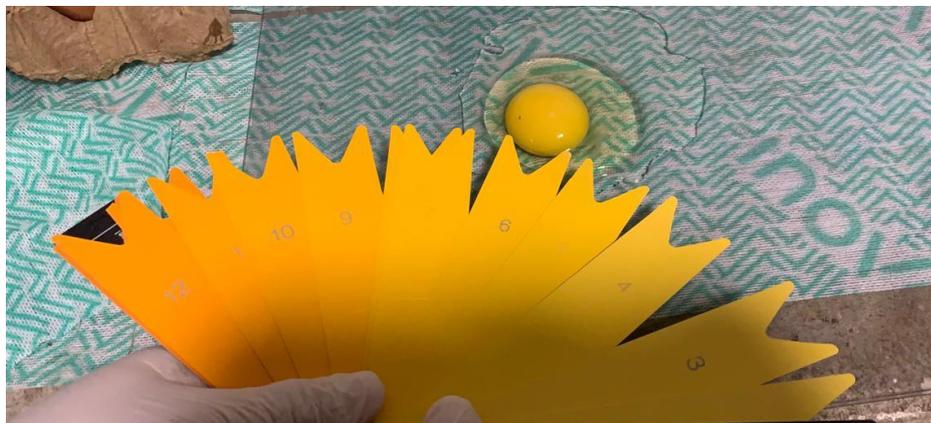


Figura 10. Leitura da coloração da gema

Fonte: Souza, T. (2025)

Para determinar o percentual de albúmen e da gema, foi utilizado um separador manual. O albúmen e gema foram colocados individualmente em um copo plástico e pesado em balança analítica. Para calcular o percentual de gema e albúmen, o peso gema e do albúmen foi dividido pelo peso do ovo e multiplicado por cem (Figura 11).



Figura 11. Pesagem da gema e albúmen

Fonte: Souza, T. (2025)

As cascas dos ovos foram lavadas, secas em uma estufa (50 °C) por 48 horas e pesadas individualmente em uma balança analítica. Para determinar o percentual, o peso da casca foi dividido pelo peso do ovo e multiplicado por cem. Para determinar a espessura foram utilizadas as cascas secas. Sua leitura foi realizada com auxílio de um micrômetro digital. A espessura média da casca do ovo foi analisada considerando três regiões: basal, meridional e apical (Figura 12).



Figura 12. Leitura da espessura da casca
Fonte: Souza, T. (2025)

A unidade de Haugh foi determinada a partir da seguinte fórmula (Haugh, 1937):

$$\text{Unidade Haugh} = 100 * \log(H + 7,57 - 1,7W^{0,37}) \quad (5)$$

Onde:

H = altura do albúmen (mm)

W = peso do ovo (g)

11.6. Composição química dos ovos

Oito ovos de cada tratamento foram submetidos à análise de composição química, que incluiu a avaliação de umidade (%), minerais (%), gorduras (%) e proteínas (%). Essas análises foram realizadas seguindo os métodos descritos pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019).

11.7. Análise sensorial dos ovos

A análise sensorial foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Dutcosky (2007). Para essa avaliação, 30 provadores não treinados de ambos os sexos foram selecionados para avaliar a aparência, acidez, aroma, cor e sabor dos ovos (Figura 13). Cada avaliador recebeu uma ficha de avaliação com uma escala hedônica de nove pontos, variando de “gostou

extremamente” (9) a “não gostou extremamente” (1). Um total de 32 ovos, sendo 8 ovos de cada tratamento foi selecionado para a análise.

Os avaliadores receberam orientações detalhadas quanto ao processo de avaliação e preenchimento das fichas. A confidencialidade dos provadores foi preservada, sendo firmada e assinado no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e as normas (Resolução CNS nº 466/12 e suas complementares) foram respeitadas. Os ovos foram cozidos em água quente por 10 minutos após o início da ebulição, e em seguida os ovos foram retirados e deixados em temperatura ambiente para esfriar. Posteriormente, cada juiz recebeu uma amostra (metade do ovo) de cada tratamento para fazer a avaliação.

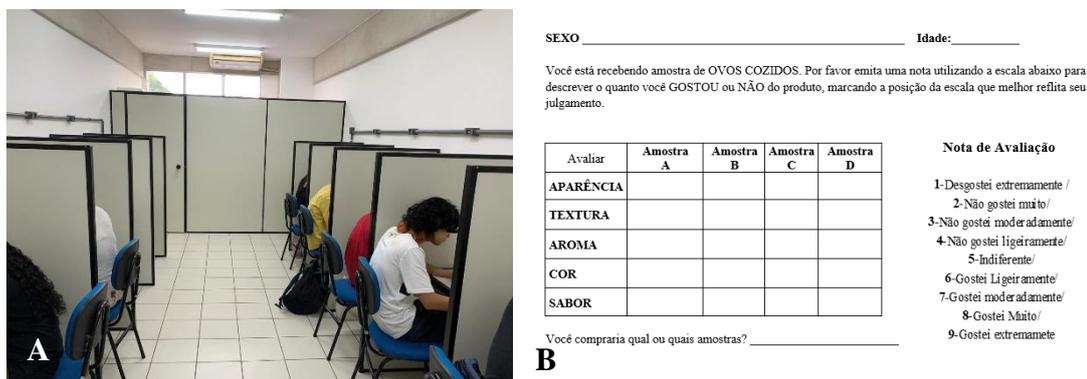


Figura 13. A- Avaliadores de ambos os sexos, B- Ficha de avaliação com Escala Hedônica de nove pontos

Fonte: Souza, T. (2025)

11.8. Oxidação lipídica e perfil de ácidos graxos da gema

Oito ovos de cada tratamento foram usados para avaliar o potencial de oxidação lipídica da gema (análise TBARS). Os ovos foram quebrados, e as gemas foram separadas para determinar o grau de oxidação utilizando o método de Vyncke (1970) e adaptada por Ramanathan e Das (1992) que avalia substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), expressas em quantidades de malonaldeído (MDA) e a intensidade da peroxidação lipídica.

Para o perfil de ácidos graxos foram utilizados 5 ovos de cada tratamento. As gemas foram separadas do albúmen e congeladas imediatamente. As gemas congeladas foram

lioofilizadas a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 horas e posteriormente encaminhadas para laboratório comercial de análise de alimentos CBO[®] (Campinas, São Paulo, Brasil) para a determinação do perfil de ácidos graxos das gemas de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (2019).

11.9. Análise estatística

O modelo estatístico adotado foi o seguinte:

$$Y_{ik} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik} \quad (6)$$

onde:

Y_{ik} = Valor observado para a variável em estudo;

μ = Média geral do experimento;

α_i = Efeito dos níveis de óleo do resíduo do tabaqui;

ϵ_{ik} = Erro experimental.

Todos os dados foram analisados por ANOVA *one-way* usando o *software* R (2021). Todos os comandos foram executados de acordo com os comandos de Logan (2010). Os resultados das variáveis significativas ($p < 0,05$) foram submetidos à análise de correlação e regressão polinomial para analisar a influência da variável independente sobre as variáveis dependentes (Chatterjee; Hadi, 2006; Logan, 2010). O modelo matemático, linear ($Y = a + bx$) ou quadrático ($Y = c + bx + ax^2$), será escolhido de acordo com a influência de cada variável independente sobre a variável dependente analisada (Dormann et al., 2013). Valores de R^2 também serão considerados como um fator para indicar o melhor modelo (Chatterjee; Hadi, 2006; Dormann et al., 2013).

12. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o perfil de ácidos graxos do óleo de resíduo de tabaqui encontram-se na Tabela 2. O óleo proveniente do resíduo do tabaqui apresentou 36 ácidos graxos diferentes em sua composição, com predominância de gordura insaturada (52,92%) em comparação com a gordura saturada (45,04%). A quantidade de gordura monoinsaturada foi superior à poli-insaturada com percentual de 40,61 e 12,31%, respectivamente. O óleo de resíduo de tabaqui demonstrou maior nível de PUFA da família ω -3 em relação à família ω -6, com valores de 10,9 e 0,83%. O ácido palmítico (26,9%) foi o mais predominante entre os ácidos graxos saturados, seguido pelo ácido esteárico (15,31%) e pelo ácido mirístico (1,29%).

Entre os ácidos graxos monoinsaturados, o ácido oleico apresentou a maior concentração (36,12%).

Tabela 3. Composição do óleo de resíduo de tambaqui

Ácidos Graxos	Composição	Unidade
Ácido Butírico (C4:0)	<0,0003 (LQ)	%
Ácido Caprótico (C6:0)	0,01	%
Ácido Caprílico (C8:0)	0,01	%
Ácido Cáprico (C10:0)	0	%
Ácido Undecanóico (C11:0)	<0,0003 (LQ)	%
Ácido Láurico (C12:0)	0,02	%
Ácido Tridecanóico (C13:0)	<0,003 (LQ)	%
Ácido Mirístico (C14:0)	1,29	%
Ácido Miristoleico (C14:1)	0,08	%
Ácido Pentadecanóico (C15:0)	0,19	%
Ácido 10-Pentadecenoico (C15:1)	<0,003 (LQ)	%
Ácido Palmítico (C16:0)	26,9	%
Ácido Palmitoleico (C16:1n7)	2,63	%
Ácido Margárico (C17:0)	0,46	%
Ácido Esteárico (C18:0)	15,31	%
Ácido Elaídico (C18:1n9t)	0,22	%
Ácido Oleico (C18:1n9c)	36,12	%
Ácido Linolelaídico (C18:2n6c)	0,04	%
Ácido Linoleico LA (C18:2n6c)	10,01	%
Ácido Gama-Linolênico GLA (C18:3n6)	0,1	%
Ácido Alfa Linolênico LNA (C18:3n3)	0,6	%
Ácido Araquídico (C20:0)	0,2	%
Ácido Cis-11-Eicosenoico (C20:1n9)	1,52	%
Ácido Heneicosanoico (C21:0)	0,44	%
Ácido Cis-11,14-Eicosadienoico (C20:2)	0,5	%
Ácido cis-8,11,14-Eicosatrienoico	0,45	%
Ácido Araquidônico AA (C20:4n6)	0,31	%
Ácido Cis-11,14,17,17-Eicosatrienoico	0,06	%
Ácido Behenico (C22:0)	0,1	%
Ácido Erúxico (C22:1n9)	0,05	%
Ácido 5,8,11,14,17-EPA (C20:5n3)	0,06	%
Ácidotricosanoico (C23:0)	0,05	%
Ácido cis-13,16-Docosadienoico	0,02	%
Ácido Lignocérico (C24:0)	0,06	%
Ácido Nervonico (C24:1n9)	0,04	%
DHA (C22:6n3)	0,11	%
Gordura Monoinsaturada	40,61	%

Gordura Poli-insaturada	12,31	%
Gordura Insaturada	52,92	%
Gordura Saturada	45,04	%
Gordura Trans	0,26	%
ω -3	0,83	%
ω -6	10,9	%
ω -9	37,95	%
Extrato Etéreo	97,96	%

Esses resultados corroboram com os resultados de Souza (2015), que observou a presença de 33 ácidos graxos nos lipídios totais em filés de tambaqui provenientes de sistemas de cultivo, tendo como ácidos graxos majoritários o oleico (18:1n9), palmítico (16:0), esteárico (18:0) e linoleico (18:2n6). Arbeláez-Rojas et al. (2002) e Silva et al. (2002), também destacaram que a composição centesimal, o conteúdo de ácidos graxos e seu perfil em qualquer espécie de peixe pode variar de acordo com a dieta, sexo, idade, época do ano, ambiente, temperatura e parte do corpo analisada.

O óleo analisado mostrou quantidade significativa de PUFA das famílias ω -3 e ω -6. Os valores quantificados para os ácidos graxos linoleico, araquidônico, alfa-linolênico, EPA e DHA foram, respectivamente, 10,01, 0,31, 0,6, 0,06 e 0,11%. Esse dado é interessante, uma vez que os peixes de água doce apresentam maior percentual de ácidos graxos da família ω -6 enquanto que os peixes marinhos apresentam concentrações elevadas de ω -3 (Almeida; Franco, 2006). Memon et al. (2011) e Tocher (2010) ressaltaram que os peixes marinhos contem maiores concentrações de ácidos graxos da família ω -3 devido a sua dieta, no entanto os peixes de água doce podem converter ácido linoleico em ácido araquidônico e ácido α -linolênico em EPA e DHA por meio de processos de dessaturação e alongamento de cadeia.

No geral, os ácidos graxos palmítico e oleico estão presentes em altos níveis tanto em peixes de água marinha quanto em água doce, com DHA, EPA e alfa-linolênico estando presentes em grande parte das espécies e sendo as principais fontes de PUFA ω -3, enquanto linoleico e araquidônico são fontes de PUFA ω -6 (Almeida; Franco, 2006). Os ácidos graxos essenciais não são sintetizados pelos organismos animais, portanto precisam ser obtidos por meio da alimentação. A adição dos ácidos graxos na alimentação, especialmente EPA e DHA da família ω -3 provenientes do óleo de peixe, tem mostrado resultados benéficos na melhoria do metabolismo e no controle de patologias ligadas ao perfil lipídico (colesterol total, HDL, LDL, triglicérides), hipertensão arterial, marcadores cardiovasculares, resistência à insulina, oxidação de gordura, inflamação, cognição, Alzheimer, desenvolvimento encefálico e retinal

no feto e no neonato, depressão, imunidade, diminuição da incidência de alergias e controle de doenças autoimunes (Martins et al., 2008; Cederholm et al., 2013).

Almeida (2004) determinou a composição de ácidos graxos e a concentração de EPA e DHA em matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui cultivados e capturados na Amazônia Central e foram detectados cerca de 64 a 65 ácidos graxos nos matrinxãs cultivados e capturados. Carbonera et al. (2014) verificaram que os peixes selvagens apresentam maiores proporções de PUFA, percentual de ω -3 superior aos de ω -6. Os mesmos autores afirmaram que essa característica está relacionada ao tipo de alimento disponível para os peixes, onde os peixes selvagens, por terem uma dieta com maior disponibilidade de alimentos de origem vegetal, tem favorecido a maior proporção de PUFA.

Inhamuns (2000) e Inhamuns e Franco (2001) investigaram a composição de ácidos graxos em três espécies de peixes da Amazônia: curimatã (*Prochilodus nigricans*), mapará (*Hypophthalmus* sp.) e tucunaré (*Cichla ocellaris*). Os resultados indicaram que o curimatã capturado durante o período de seca pode ser utilizado em dietas balanceadas como fonte de PUFA. O mapará, coletado na época de cheia, foi recomendado para dietas que visem aumentar a ingestão de EPA e DHA. Embora o tucunaré apresentasse uma razão reduzida de ω -3/ ω -6, ele foi considerado uma fonte rica de ácidos graxos essenciais das séries ω -3 e ω -6.

Nos resultados de desempenho, apresentados na Tabela 3, verificou-se que não houve efetivo significativo ($p > 0,05$) da inclusão do óleo de resíduo de tambaqui sobre o consumo de ração, produção de ovos, conversão alimentar kg/kg, na conversão alimentar kg/dúzia e massa de ovo. Esses resultados sugerem que a suplementação de até 4,5% deste óleo na dieta das poedeiras não comprometeu o seu desempenho produtivo, o que pode indicar que as aves mantiveram o consumo de energia e eficiência alimentar independentemente do nível de óleo de resíduo de tambaqui incluso na dieta (Lelis et al., 2009; Ceylan et al., 2011).

Esses resultados também corroboram com aqueles obtidos por Filard *et al.* (2005) e Elkin e Harvatine (2023), que avaliando diferentes dietas contendo óleo de peixe e outras fontes lipídicas na alimentação de poedeiras, não constataram efeito significativo sobre o desempenho produtivo, também indicando que os níveis de ω -6/ ω -3 nas dietas não alteraram o desempenho. Em estudos conduzidos por Mendonça *et al.* (2000) e Brelaz *et al.* (2019), verificou-se que a adição de óleo de peixe na dieta de poedeiras com 25 e 89 semanas de idade, respectivamente, não influenciou ($p > 0,05$) a conversão alimentar (kg/kg e kg/dúzia), assim como Lemahieu *et al.* (2016) não encontraram diferença no consumo de ração e na taxa de postura quando comparadas a dietas enriquecidas com fonte de ω -3, incluindo óleo de peixe e microalgas. Em

contraste, Guimaraes *et al.* (2025), investigaram a adição de subprodutos de pescado na alimentação de poedeiras e detectaram aumento significativos em todas as variáveis de desempenho zootécnico. Em contrapartida Bertipaglia *et al.* (2016) ressaltaram que a inclusão de óleo de peixe nas dietas de codorna melhorou o desempenho produtivo como consumo de ração, massa de ovos e conversão alimentar.

Tabela 4. Desempenho de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui (%)				p-valor ¹	CV ² (%)	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Consumo de ração, g/ave/dia	101,97	103,53	102,78	103,17	0,72	2,25	-	-
Produção de ovos, %	89,55	91,49	91,20	89,50	0,60	3,51	-	-
Conversão alimentar, kg/kg	1,92	1,93	1,95	1,96	0,48	6,89	-	-
Conversão alimentar, kg/dz	1,36	1,35	1,44	1,38	0,12	4,89	-	-
Massa de ovo, g	53,15	53,78	55,90	52,47	0,40	6,68	-	-

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Nos resultados de qualidade física dos ovos, apresentados na Tabela 4, foram encontradas diferenças significativas no peso do ovo, percentual de gema, percentual de casca, coloração da gema, gravidade específica, Unidade Haugh, pH da gema e do albúmen. O peso dos ovos aumentou significativamente com a inclusão de óleo de resíduo de tabaqui ($p \leq 0,05$), seguindo um modelo quadrático, com valor máximo de inclusão de óleo do resíduo de tabaqui de 2,64% para maior peso de ovo (Figura 14).

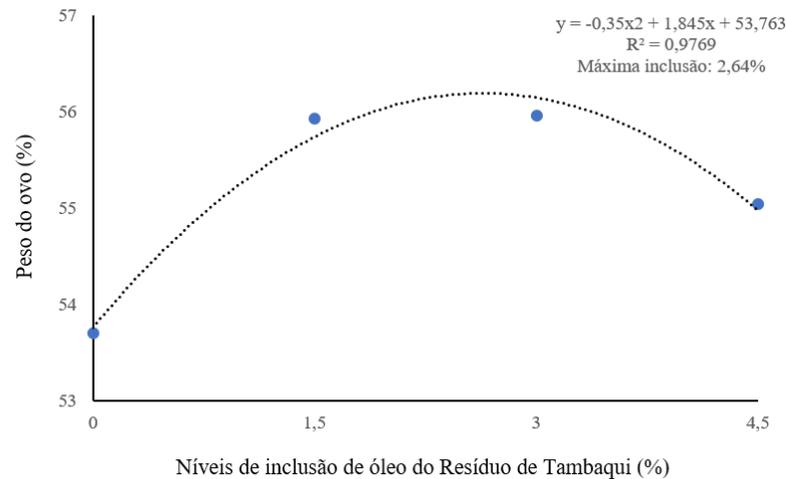


Figura 14 – Peso dos ovos em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tabaqui

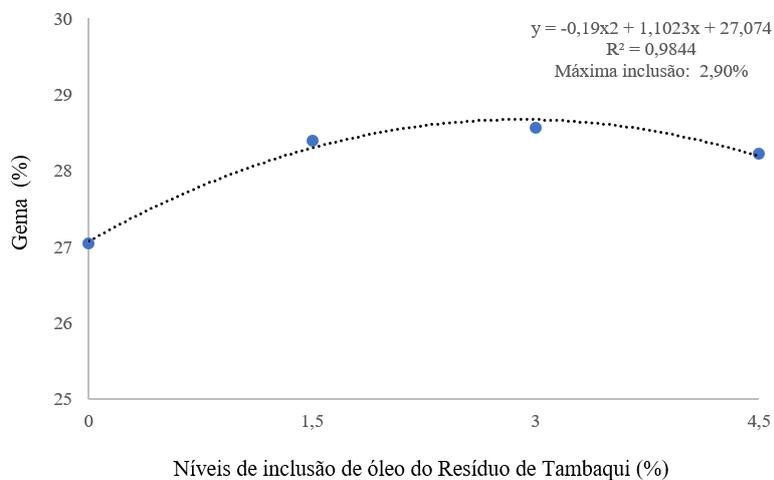
Fonte: Souza, T. (2025)

Esse resultado pode estar associado ao fornecimento de ácidos graxos essenciais presentes no óleo de resíduo de tabaqui, como ácido oleico e ácido linoléico, que podem ter favorecido a deposição de lipídios na gema (Ceylan et al., 2011; Silva et al., 2017; Brelaz et al., 2019). Entretanto, quando o nível de inclusão atingiu 4,5%, essa melhora no peso dos ovos não foi mantida, possivelmente devido a um desequilíbrio no metabolismo lipídico das aves, com interferências na utilização dos nutrientes disponíveis (Oliveira et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Dong et al., 2018).

Estes resultados são consistentes com aqueles reportados por Grobas *et al.* (2001) e Oliveira *et al.* (2010), que relataram aumento no peso dos ovos produzidas por poedeiras alimentadas com diferentes fontes lipídicas. Lelis *et al.* (2009) e Mariod *et al.* (2015) encontraram efeito significativo no peso dos ovos de poedeiras alimentadas com 3% de óleo de peixe na dieta em dos períodos avaliados independente da linhagem das aves. Em contrapartida, Brelaz *et al.* (2019) reportaram que a inclusão de óleo de peixe não afetou na qualidade interna

e externa dos ovos, enquanto Gonzalez-Esquerria e Leeson (2000) averiguaram redução linear no peso dos ovos à medida que se aumentou os níveis de inclusão de óleo de peixe na dieta das aves. De forma similar, Mendonça *et al.* (2000) e Pappas *et al.* (2005) relataram que a inclusão de óleo de peixe em nível de até 4% prejudicou o peso do ovo e seus componentes internos.

Desta forma, os resultados obtidos para percentagem de gema encontram-se associados ao de peso do ovo, onde a partir da derivação da função, observou-se o ponto de maior percentagem de gema (28,65%) ao nível de 2,90% de inclusão do óleo de resíduo de tabaqui na dieta das poedeiras (Figura 15).



Percentual de gema dos ovos em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tabaqui

Fonte: Souza, T. (2025)

Neste aspecto, Ebeid *et al.* (2008) destacaram que a inclusão de óleo de peixe na dieta de poedeiras tende a resultar em aumento da incorporação de PUFA na gema do ovo. Esse comportamento é semelhante ao relatado por Oliveira *et al.* (2010), Keshavarz e Nakajima (1995) e Cachaldora *et al.* (2006), onde observaram que a adição de óleos na dieta pode aumentar a deposição lipídica na gema e, conseqüentemente, o peso do ovo.

Tabela 5. Qualidade física dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui, %				p-valor ¹	CV ² , %	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Peso do ovo, g	53,70	55,93	55,96	55,04	0,05	7,75	$Y = 53,763 + 1,845x - 0,35x^2$	0,97
Gema, %	27,04	28,4	28,57	28,22	0,03	7,42	$Y = 27,074 + 1,1023x - 0,19x^2$	0,98
Albúmen, %	60,44	59,37	59,22	59,57	0,82	6,30	-	-
Casca, %	12,52	12,23	12,21	12,21	0,02	7,12	-	-
Altura da gema, mm	18,10	18,29	18,56	18,21	0,39	4,12	-	-
Altura do albúmen, mm	10,34	10,78	10,51	10,19	0,26	6,77	-	-
Diâmetro da gema, mm	40,12	40,06	39,94	39,97	0,62	3,14	-	-
Coloração da gema	5,18	5,26	5,32	5,54	<0,01	7,49	$Y = 5,154 + 0,076x$	0,91
Gravidade específica, g/mL ³	1088,47	1087,43	1084,72	1084,37	<0,01	2,41	$Y = 1088,50 - 1,0007x$	0,92
Espessura da casca, µm	0,44	0,43	0,43	0,43	0,06	5,88	-	-
Unidade Haugh	91,88	93,18	92,08	90,90	0,05	2,83	$Y = 91,996 + 0,9707x - 0,2756x^2$	0,90
pH da gema	6,06	5,92	5,92	5,88	<0,01	1,75	$Y = 6,026 - 0,036x$	0,78
pH do albúmen	7,63	7,73	7,78	7,59	0,05	5,24	$Y = 7,6205 + 0,1403x - 0,0322x^2$	0,92

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

De maneira semelhante, Silva *et al.* (2017) encontraram resultados positivos para o percentual de gema com inclusão de subproduto de pescado na dieta de poedeiras. Por outro lado, Lawlor *et al.* (2010) e Lemahieu *et al.* (2016) ressaltaram que a suplementação com diferentes fontes de PUFA ω -3, incluindo microalgas e óleo de peixe microencapsulado na dieta de poedeiras pode não ocasionar diferenças significativas no percentual de gema, sugerindo que a resposta pode variar de acordo com a origem e a composição dos lipídeos incorporados na dieta.

A coloração da gema também apresentou resultados positivos, apresentando aumento linear à medida que os níveis de óleo de resíduo de tabaqui na dieta aumentaram. Esse aumento linear pode estar associado à possível presença de pigmentos lipossolúveis depositados na gema a partir de óleo de resíduo de tabaqui, como observado em outros óleos quando incorporados em dietas para poedeiras (Hanna *et al.*, 2013; Nogueira *et al.*, 2014; Brelaz *et al.*, 2019).

Resultados encontrados por Ceylan *et al.* (2011) e Mousavi *et al.* (2017) confirmam que a coloração da gema tende a intensificar com a adição de óleo de peixe na dieta das aves. Da mesma maneira, Xu *et al.* (2025) encontraram aumento na coloração da gema em dietas com diferentes fontes lipídicas, enquanto Dong *et al.* (2018), comparando efeitos da suplementação com óleos de soja, peixe e coco, constataram que a coloração da gema foi expressivamente maior para aves alimentadas com óleo de coco. Por outro lado, Cachaldora *et al.* (2008) e García-Rebollar *et al.* (2008), investigando o enriquecimento duplo com ácido linoleico conjugado e ácido graxos n-3, verificaram que a coloração da gema não foi influenciada pela incorporação das fontes lipídicas na dieta.

Embora a espessura da casca do ovo não tenha apresentado diferenças significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$), a gravidade específica e o percentual de casca diminuíram linearmente ($p \leq 0,05$) com o aumento dos níveis de óleo de resíduo de tabaqui, com o menor valor da gravidade específica sendo registrada no nível de 4,5% (1.084,37 g/mL³). Em relação à gravidade específica do ovo, sua diminuição linear com o aumento do óleo de resíduo de tabaqui na dieta sugere redução da deposição mineral na casca do ovo, o que pode ser atribuído a possível interferência dos lipídios do óleo de resíduo de tabaqui na absorção ou metabolismo do cálcio e do fósforo (Çelebi; Karaoğlu, 2024). É importante destacar que esse fenômeno também é comumente observado quando maiores níveis de óleos são incorporados às dietas das aves (Nogueira *et al.*, 2014; Keum *et al.*, 2018; Brelaz *et al.*, 2019).

Esses resultados encontram-se em consonância com Peebles e McDaniel (2004), que consideraram o valor de 1.080 g/mL^3 como o limite entre baixa e alta qualidade da casca dos ovos, além de afirmarem haver relação diretamente proporcional entre gravidade específica e qualidade da casca dos ovos. Mendonça *et al.* (2000) verificaram que as variáveis da qualidade da casca não foram afetadas pela adição de subprodutos de pescado na dieta das aves, enquanto Josling *et al.* (2019) mesmo não reportando diferenças para qualidade da casca, no entanto, verificaram que as características ósseas do fêmur foram afetadas positivamente em poedeiras alimentadas com óleo de peixe. Essa relação também foi descrita por Hamilton (1982), demonstrando que a gravidade específica do ovo se reduz à medida que a espessura da casca diminui, o que também reduz sua resistência à quebra.

A unidade Haugh, variável que auxilia a medir a qualidade interna do ovo, apresentou em seus resultados um modelo quadrático, em que o melhor valor de unidade Haugh (92,85) foi observado com valor máximo de inclusão de 1,76% de óleo de resíduo do tabaqui (Figura 16).

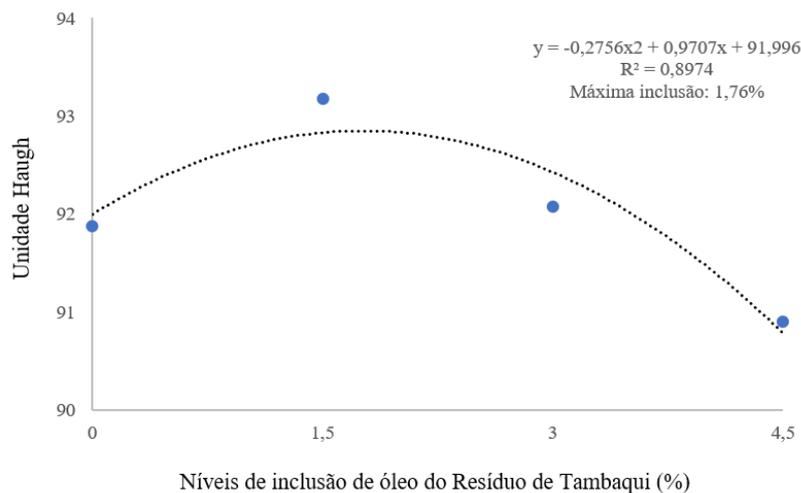


Figura 16 – Unidade Haugh de ovos em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tabaqui

Fonte: Souza, T. (2025)

Esses achados podem estar relacionados a mudanças na composição do albúmen ocasionadas pela influência metabólica do óleo de resíduo de tabaqui na retenção de água e na viscosidade da clara do ovo (Dong *et al.*, 2018; Gao *et al.*, 2021). Resultado similar foi relato

por Xu *et al.* (2025) que encontrou diferença significativa para unidade Haugh entre os tratamentos com diferentes fontes lipídicas, indicando um efeito positivo dos PUFA na manutenção da qualidade interna do ovo.

Świątkiewicz *et al.* (2020) reportaram em seu estudo que a alimentação de poedeiras com dietas contendo óleo de algas não comprometeu a unidade Haugh. Porém, esse estudo diverge dos resultados encontrados por Mendonça *et al.* (2000) e Brelaz *et al.* (2019), que não observaram diferença significativa na unidade Haugh de ovos de poedeiras alimentadas com dieta contendo óleo de resíduo de peixe. Segundo Santos *et al.* (2016), quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor será a qualidade dos ovos. E neste estudo, essa variável apresentou valores elevados (>90) em todos os tratamentos.

Os valores de pH da gema e do albúmen foram significativamente afetados pelos tratamentos ($p \leq 0,05$), seguindo modelos linear e quadrático, respectivamente. A menor acidez foi registrada no nível de 4,5% (pH 5,88), enquanto a maior foi observada no tratamento controle (pH 6,06). No caso do albúmen, foi possível estimar um pH ótimo de 7,77 no nível de 2,18% de inclusão do óleo, seguido por redução no nível de 4,5% (Figura 17).

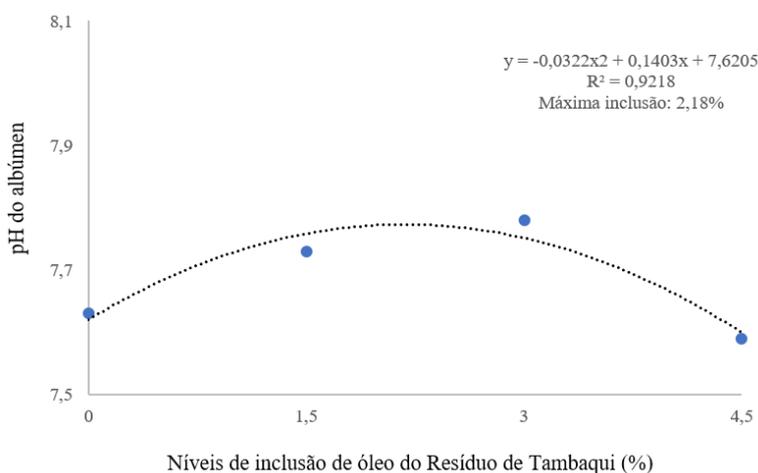


Figura
17 –
pH do

albúmen em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tambaqui
Fonte: Souza, T. (2025)

Nesse sentido, a estabilidade dos valores de pH da gema e do albúmen reforça a ideia de que o óleo de resíduo de tambaqui influenciou principalmente a fração lipídica do ovo, sem

causar grandes alterações na estabilidade proteica do albúmen (Dong et al., 2018; Brelaz et al., 2019).

Świątkiewicz et al. (2020) encontraram resultados semelhantes e destacaram que dietas enriquecidas com fontes lipídicas ricas em ácidos graxos n-3 influenciam positivamente o pH da gema e do albúmen. Além disso, Kralik et al. (2021) avaliaram diferentes proporções de óleo de peixe e óleo de soja e observaram que o aumento do óleo de peixe (0,3 a 1,5%) em substituição ao óleo de soja (5 a 3,5%) influenciou positivamente o pH do albúmen e da gema durante o armazenamento dos ovos, demonstrando que a interação entre a composição da dieta e fatores pós-postura exerce influência direta na estabilidade ácido-básica do ovo. No entanto, Cachaldora et al. (2008) avaliaram o enriquecimento dos ovos com ácido linoleico conjugado e ácidos graxos n-3 e não observaram diferenças significativas no pH da gema e do albúmen em resposta à suplementação lipídica.

Os resultados de composição centesimal dos ovos, apresentados na Tabela 5, foram significativamente afetados pela inclusão do óleo de resíduo de tabaqui na dieta das poedeiras, refletindo modificações nos teores de umidade, lipídeos e proteínas. Contudo, o teor de minerais não foi afetado ($p > 0,05$). Observou-se uma redução linear no teor de umidade dos ovos, que variou de 77,30% nos ovos das poedeiras do grupo controle para 75,43% naquelas que receberam 4,5% de inclusão de óleo de resíduo de tabaqui. Esse resultado sugere possível substituição da fração aquosa por maior deposição de macronutrientes, principalmente lipídeos (Brelaz et al., 2019; Guimarães et al., 2025), bem como redução na retenção de água dentro do conteúdo do ovo (Dong et al., 2018; Keum et al., 2018). Attia et al. (2022) também observaram redução no teor de umidade em dietas suplementadas com óleo, associando esse efeito ao aumento da concentração de macronutrientes nos ovos.

A porcentagem de lipídios e proteínas aumentou linearmente ($p \leq 0,05$) à medida que os níveis de óleo de resíduo de tabaqui foram incrementados. Esse resultado não apenas corrobora os achados anteriores, mas também sugere potencial transferência do perfil lipídico do óleo de resíduo de tabaqui para a gema do ovo, considerando que esse óleo é rico em ácidos graxos monoinsaturados e PUFA (Oliveira et al., 2010; Ceylan et al., 2011). A deposição desses ácidos graxos essenciais na gema contribui para aumento do valor nutricional do ovo, potencialmente tornando-o uma fonte alimentar mais benéfica para o consumo humano (Singh et al., 2012).

Tabela 6. Composição centesimal dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui, %				p-valor ¹	CV ² , %	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Umidade, %	77,3	76,88	76,09	75,43	0,05	0,57	$Y = 77,385 - 0,4267x$	0,99
Cinzas, %	1,01	1,08	1,07	1,02	0,93	6,66	-	-
Lipídios, %	9,81	9,82	10,02	10,18	0,05	8,01	$Y = 9,761 + 0,0873x$	0,91
Proteínas, %	11,88	12,22	12,82	13,37	0,03	6,77	$Y = 11,812 + 0,338x$	0,99

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Além disso, o aumento da fração lipídica dos ovos pode estar relacionado aos ajustes metabólicos previamente observados nas aves, que redirecionaram mais lipídios da dieta para a formação da gema, especialmente em níveis mais altos de inclusão de óleo de resíduo de tabaqui. Esse resultado é semelhante ao relatado em outros estudos que utilizaram óleos em dietas de aves (Oliveira et al., 2011; Nogueira et al., 2014; Gao et al., 2021). Maina et al. (2023) também observaram que a suplementação com óleos ricos em PUFA, como o óleo de algas, aumentou significativamente o teor de lipídeos.

O teor de proteína também apresentou um aumento linear com a inclusão do óleo de resíduo de tabaqui, sugerindo que o óleo pode ter desempenhado um papel positivo na retenção de proteína ou outras partículas sólidas no ovo (Xiao et al., 2020). Esse efeito pode ser explicado pela melhor disponibilidade de energia proporcionada pelo óleo de resíduo de tabaqui, permitindo maior alocação de aminoácidos para a deposição de proteínas nos ovos (Besong et al., 2008; Du et al., 2024). Esses resultados estão alinhados com os achados de Cherian et al. (2007), que indicaram que a inclusão de ácido linoleico conjugado e óleo de peixe na dieta de poedeiras pode modificar diretamente a qualidade nutricional dos ovos. Wu et al. (2019) demonstraram que a suplementação com microalgas ricas em EPA resultou no enriquecimento da gema; entretanto, não houve diferença significativa ($p > 0,05$) nos teores de lipídeos e proteínas.

Por outro lado, o conteúdo mineral dos ovos não foi significativamente afetado pelos níveis de óleo de resíduo de tabaqui na dieta; no entanto, é possível que tenham ocorrido mudanças estruturais ou físicas na casca do ovo, conforme discutido anteriormente. Esses resultados reforçam que o uso de óleo de resíduo de tabaqui pode ser vantajoso para aumentar o valor nutricional dos ovos, promovendo o aumento das frações lipídicas e proteicas sem comprometer o equilíbrio mineral do produto final.

Os resultados da oxidação lipídica da gema, apresentados na Tabela 6, foram significativamente influenciados pela inclusão de óleo de resíduo de tabaqui na dieta de poedeiras comerciais, refletindo mudanças na estabilidade oxidativa e na composição química dos ovos. Observou-se um comportamento quadrático, em que os valores de TBARS aumentaram com a inclusão de 2,05% de óleo de resíduo de tabaqui e posteriormente diminuíram em níveis mais elevados (Figura 18).

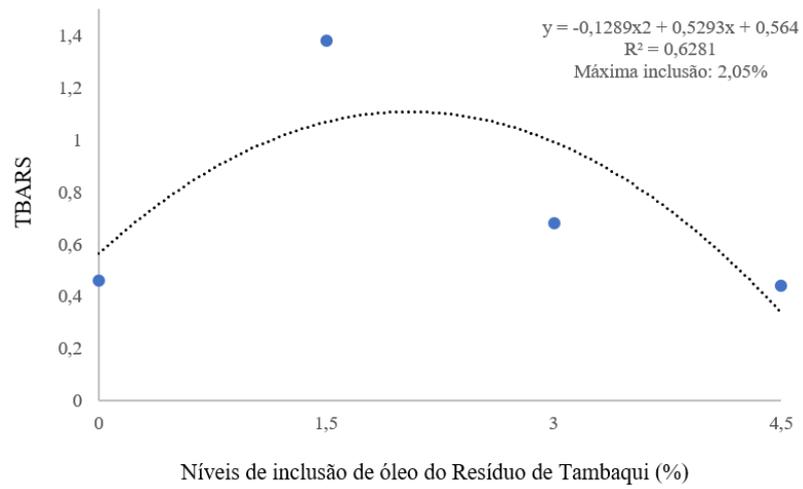


Figura
18 –

TBARS de gemas em função dos níveis de inclusão do óleo do resíduo de tambaqui
Fonte: Souza, T. (2025)

Esse padrão pode ser explicado pelo maior teor de ácidos graxos insaturados na gema, que são mais suscetíveis à peroxidação (Oliveira et al., 2010; King et al., 2012; Faitarone et al., 2016).

Tabela 7. Oxidação lipídica da gema dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

Variáveis ¹	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui, %				p-valor ²	CV ³ , %	Modelo ⁴	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Valores de TBARS	0,46	1,38	0,68	0,44	0,03	6,22	$Y = 0,564 + 0,5293x - 0,1289x^2$	0,72
Valores de peróxidos totais	4,37	4,54	4,03	3,98	0,02	10,59	$Y = 4,427 + 0,002x - 0,0244x^2$	0,70

¹Os valores de TBARS referem-se ao grau de oxidação lipídica expresso em mg MDA/kg de ovos secos. Os valores de Peróxidos totais referem-se ao grau de oxidação lipídica expresso em meq O₂/kg de ovos secos.

²Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

³CV - Coeficiente de variação.

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

No entanto, esse efeito também pode ser atribuído à presença de compostos antioxidantes naturais no óleo de resíduo de tabaqui, como tocoferóis e outros polifenóis, que possivelmente atenuaram o processo oxidativo em níveis mais elevados de inclusão (Faitarone et al., 2016). Torres e Okani (1997) e Dutra et al. (2021) relataram que valores de TBARS de até 1,59 mg de malonaldeído/kg de amostra não causam alterações nas características sensoriais nem prejudicam a saúde do consumidor. Os valores de TBARS encontrados neste estudo estão abaixo do limite recomendado por esses autores.

Kralik et al. (2014) relataram um valor de 0,510 mg MDA/kg para ovos frescos enriquecidos com ácidos graxos n-3. Entretanto, resultados diferentes foram obtidos por Kralik et al. (2021), que utilizaram óleo de peixe na alimentação de poedeiras e observaram aumento significativo na oxidação lipídica, com valores de 0,892 mg MDA/kg no grupo controle para 1,241 mg MDA/kg no nível mais alto de inclusão (1,5% de óleo). Os mesmos autores afirmaram que a oxidação aumentou linearmente conforme a quantidade de óleo de peixe na dieta aumentava, uma vez que este óleo é rico em PUFA, os quais são altamente suscetíveis à peroxidação lipídica. De forma semelhante, Mousavi et al. (2017) avaliaram a inclusão de óleo de peixe na dieta de poedeiras e constataram aumento na vulnerabilidade à oxidação lipídica, refletido pela elevação dos níveis de malondialdeído (MDA) no fígado e no soro.

Cherian et al. (2007), ao avaliarem a adição de CLA e óleo de peixe na dieta de poedeiras, constataram aumento significativo na oxidação lipídica ao longo do armazenamento. Os autores afirmaram que a inclusão de tocoferóis na dieta auxilia na mitigação dos efeitos da oxidação. Já Ebeid et al. (2008) observaram que níveis baixos e moderados de óleo de peixe (1,25 a 2,5%) reduziram os níveis plasmáticos e hepáticos de TBARS e aumentaram a atividade da glutatona peroxidase (GSH-Px), proporcionando melhoria na capacidade antioxidante e ampliando a resposta de anticorpos. No entanto, em concentrações acima de 2,5%, ocorreu aumento na peroxidação lipídica e uma redução na atividade da GSH-Px.

King et al. (2012) também encontraram aumento nos valores de TBARS e peróxidos na gema dos ovos de poedeiras suplementadas com óleo de peixe. Por outro lado, Ao et al. (2015) não observaram diferenças significativas nos valores de TBARS em ovos de poedeiras suplementadas com microalgas. Já Liang et al. (2020) avaliaram a estabilidade oxidativa de ovos enriquecidos com PUFA n-3 durante o armazenamento e verificaram que os valores de TBARS aumentaram de 0,72 para 1,21 mg MDA/kg após 24 dias a 25 °C, confirmando maior suscetibilidade à oxidação em temperaturas elevadas.

Os resultados da análise sensorial, apresentados na Tabela 7, indicaram que os ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui foram significativamente influenciados ($p \leq 0,05$) em características como aparência, aroma, cor e sabor. Esses resultados sugerem que a inclusão do óleo de resíduo de tabaqui afetou a percepção sensorial dos ovos. O aspecto visual dos ovos melhorou linearmente com o aumento dos níveis de óleo de resíduo de tabaqui, possivelmente devido à intensificação da coloração da gema, que se tornou mais vibrante com a inclusão do óleo. Esse efeito já foi observado anteriormente com a adição de outros óleos nas dietas de poedeiras (Fraeye et al., 2012; Brelaz et al., 2019; Kralik et al., 2021). A mudança na coloração é geralmente atribuída à presença de pigmentos lipossolúveis no óleo, como carotenoides e xantofilas, que são diretamente incorporados à gema, realçando sua tonalidade e aumentando a atratividade para o consumidor (Lawlor et al., 2010; Goldberg et al., 2012; Kralik et al., 2024).

Resultados semelhantes foram observados por Cachaldora et al. (2008), que relataram que a adição de fontes lipídicas, como óleo de peixe e óleos de algas, aumentou a deposição de pigmentos na gema. Attia et al. (2024) também destacaram que dietas suplementadas com óleo de peixe e fontes orgânicas como zinco e selênio intensificaram a pigmentação da gema, melhorando sua aparência. De maneira semelhante, Saleh (2013) relatou que a adição de óleo de peixe na dieta de poedeiras resultou no escurecimento da gema.

Além disso, Jonsson et al. (2011) verificaram que a inclusão de 7% de farinha de mexilhão na ração das aves intensificou a coloração da gema. Outros estudos (Attia et al., 2022; Maina et al., 2023) indicaram que dietas suplementadas com diferentes fontes de ácidos graxos da série ω -3 e ω -6, provenientes de óleos marinhos e vegetais, influenciaram diretamente a deposição de pigmentos na gema, tornando-a mais intensa. Chang et al. (2025) também observaram melhora na coloração da gema de ovos de codornas suplementadas com microalgas ricas em ω -3.

Tabela 8. Análise sensorial dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de tabaqui, %				p-valor ¹	CV ² , %	Modelo ³	R ²
	0	1,5	3,0	4,5				
Aparência	5,40	5,91	6,02	6,48	0,05	3,53	$Y = 5,45 + 0,2233x$	0,95
Textura	6,68	6,42	6,34	6,60	0,86	2,85	-	-
Aroma	6,28	6,14	6,11	5,82	0,05	2,72	$Y = 6,299 - 0,094x$	0,88
Cor	5,71	6,28	6,37	6,88	0,05	2,92	$Y = 5,77 + 0,24x$	0,94
Sabor	7,00	6,51	6,34	6,22	0,05	3,10	$Y = 6,894 - 0,1673x$	0,89

¹Tratamentos com médias na mesma linha apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

²CV - Coeficiente de variação.

³Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente sobre a variável dependente.

Entretanto, apesar do efeito positivo na aparência e na cor, os atributos de aroma e sabor diminuíram à medida que os níveis de óleo de resíduo de tabaqui na dieta aumentaram. Essa rejeição sensorial pode estar relacionada à presença de compostos voláteis derivados da oxidação lipídica ou de metabólitos secundários de ácidos graxos presentes nos subprodutos do tabaqui, um fenômeno também relatado em estudos que utilizaram óleos de peixe na dieta de poedeiras (Goldberg et al., 2012; Brelaz et al., 2019). O aumento da concentração de PUFA na gema, especialmente os da série ω -3, pode ter resultado na formação de aldeídos e cetonas, responsáveis por odores e sabores indesejáveis (Lawlor et al., 2010; Feng et al., 2020). Esse fenômeno explica por que ovos de poedeiras alimentadas com níveis mais altos de óleo de resíduo de tabaqui ($\geq 3,0\%$) apresentaram menor aceitação sensorial, especialmente em relação ao sabor.

Esses resultados estão alinhados com os encontrados por Lawlor et al. (2010), Cachaldora et al. (2008) e Brelaz et al. (2019), que identificaram redução na aceitabilidade sensorial de ovos enriquecidos com ácidos graxos n-3 devido à presença de sabores indesejáveis, principalmente quando os ovos são cozidos. Cherian et al. (2007) também observaram que a adição de óleo de peixe na dieta de poedeiras prejudicou o sabor dos ovos, corroborando os resultados de Attia et al. (2024a), pois relataram que a inclusão de óleo de peixe em dietas para poedeiras influenciou negativamente as características sensoriais, especialmente o aroma e o sabor.

Estudos anteriores (Brelaz et al., 2019; Coorey et al., 2014; Seibel et al., 2010) também destacaram fenômenos semelhantes, relatando intensificação de odores indesejáveis em ovos de codornas suplementadas com óleo de pescado. Por fim, a textura dos ovos não apresentou variações significativas entre os tratamentos, sugerindo que o óleo de resíduo de tabaqui não alterou negativamente a estrutura proteica da clara e da gema.

Os resultados do perfil de ácidos graxos das gemas de ovos, apresentados na Tabela 8, demonstraram que a suplementação da dieta de poedeiras com óleo de resíduo de tabaqui influenciou significativamente a composição de ácidos graxos da gema, aumentando especialmente as concentrações de PUFA, particularmente das séries ω -3 e ω -6. Observou-se um efeito quadrático nas concentrações de ácido linoleico (Figura 19) e efeito lineares na concentração de ácido alfa-linolênico ($p < 0,03$) e ácido DHA ($p < 0,01$), indicando que a inclusão de óleo de resíduo de tabaqui na dieta das aves contribuiu para o enriquecimento lipídico das gemas.

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos das gemas de ovos produzidos por poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de óleo de resíduo de tabaqui

FAP ¹	Variáveis	Níveis de óleo de resíduo de				valor p ²	CV ³ %	Modelo ⁴	R ²
		tabaqui, %							
		0	1.5	3.0	4.5				
SFA	Ácido palmítico (C16:0), %	15,75	15,01	15,16	15,69	0,48	4,35	-	-
	Ácido esteárico (C18:0), %	4,16	4,18	4,04	4,05	0,91	6,51	-	-
	Ácido mirístico (C14:0), %	0,20	0,18	0,21	0,22	0,11	11,36	-	-
MUFA	Ácido palmitoleico (C16:1n7), %	2,20	1,93	2,02	1,92	0,72	14,91	-	-
	Ácido oleico (C18:1n9c), %	25,71	25,31	26,83	26,91	0,15	4,09	-	-
PUFA	Ácidos graxos poliinsaturados gerais	39,05	38,82	38,28	38,94	0,33	6,59	-	-
PUFA ω 6	Ácido Linoleico (C18:2n6c), %	5,59	6,56	6,85	6,57	0,03	9,68	$Y = 5,5955 + 0,8403x - 0,1389x^2$	0,99
	Ácido Araquidônico (C20:4n6),	1,02	1,07	1,02	1,12	0,16	5,91	-	-
PUFA ω 3	LNA (C18:3n3), %	0,12	0,13	0,15	0,16	0,03	6,38	$Y = 0,119 + 0,0093x$	0,98
	EPA (C20:5n3), %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,92	1,32	-	-
	DHA (C22:6n3), %	0,27	0,29	0,30	0,41	<0,01	7,87	$Y = 0,253 + 0,0287x$	0,78

¹ SFA = Ácidos Graxos Saturados. MUFA = Ácidos Graxos Monoinsaturados. PUFA = Ácidos Graxos Poliinsaturados.

² Tratamentos com médias na mesma reta apresentam diferenças significativas quando $p \leq 0,05$.

³ CV = Coeficiente de variação.

⁴ Modelo matemático ajustado de acordo com a influência da variável independente (níveis de TRO) sobre a variável dependente avaliada.

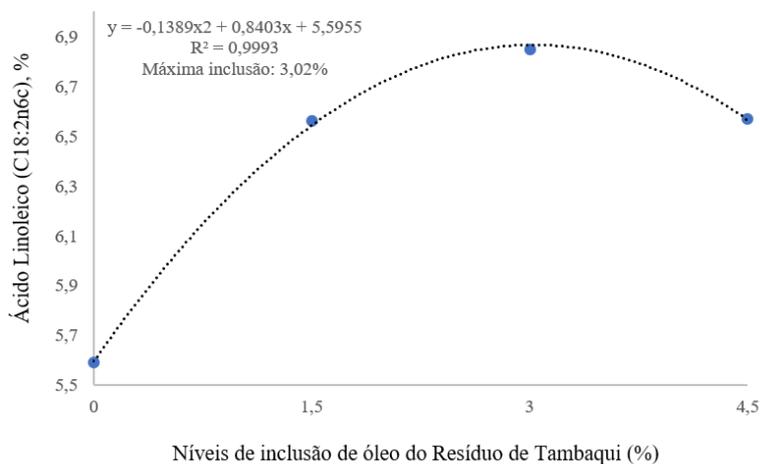


Figura 19 – Concentração de ácido linoleico em função dos diferentes níveis de inclusão de óleo do resíduo de tabaqui

Fonte: Souza, T. (2025)

Entretanto, não foram observadas diferenças significativas nos teores de ácidos graxos saturados e monoinsaturados ($p > 0,03$), sugerindo que o impacto do óleo foi mais concentrado na fração poli-insaturada da gema (King et al., 2012; Keum et al., 2018). Essas modificações no perfil lipídico dos ovos devido à inclusão de óleo de resíduo de tabaqui podem proporcionar benefícios nutricionais aos consumidores, uma vez que os ácidos graxos ômega, especialmente o ω -3, estão associados a efeitos positivos na saúde cardiovascular e cerebral (Fraeye et al., 2012; Elkin; Harvatine, 2023).

O presente estudo corrobora os achados de Ceylan et al. (2011) e Díaz et al. (2011), que observaram aumento significativo de DHA na gema dos ovos ao utilizarem 1,5 e 3% de óleo de peixe na dieta de poedeiras. De maneira semelhante, Cachaldora et al. (2006) verificaram que o aumento do nível de inclusão de óleo de peixe marinho na dieta resultou em maior teor de DHA na gema, enquanto os níveis de ácido araquidônico foram reduzidos.

Resultados semelhantes foram relatados por Cherian et al. (2007), Attia et al. (2024b) e Kralik et al. (2021), que também observaram que a adição de óleo de peixe e ácido linoléico conjugado na dieta de poedeiras aumentou as concentrações de DHA na gema, sem alterar significativamente os ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Além disso, esses autores destacaram que a enzima Δ 6-dessaturase desempenha um papel fundamental na conversão de ácido linoleico (C18:2n-6) em ácido araquidônico (C20:4n-6). O aumento de ácido linoleico

pode indicar um efeito inibitório do CLA na $\Delta 6$ -dessaturase, reduzindo assim a conversão de ácido linoleico em ácido araquidônico.

Estudos de Lawlor et al. (2010), Brelaz et al. (2019) e Mariod et al. (2015) mostraram que a suplementação com óleos encapsulados e do óleo de resíduo de peixe na dieta de poedeiras promoveu aumento significativo nos teores de PUFA n-3, favorecendo o enriquecimento com DHA e EPA na gema. Feng et al. (2020) e Neijat et al. (2016), compararam a inclusão de óleo de microalgas e óleo de peixe na dieta de poedeiras e verificaram que os níveis de DHA na gema aumentaram de forma dependente da dose, enquanto os níveis de LA variaram entre 36,96 e 46,09 mg/g, dependendo da fonte lipídica utilizada.

Em um estudo conduzido por Husveth et al. (2003), a inclusão de óleo de peixe protegido (Nordos Fat®) na dieta de poedeiras resultou em aumento expressivo nos teores de PUFA n-3 e LA na gema, enquanto os níveis de AA apresentaram redução. Além disso, Maina et al. (2023) observaram que a inclusão de óleos de algas ricos em DHA na dieta de poedeiras Lohmann LSL Lite aumentou significativamente a concentração desse ácido graxo nos ovos. Resultados semelhantes foram relatados por Ao et al. (2015) que verificaram aumento eficiente na deposição de DHA na gema com a inclusão de óleo de microalgas na dieta de poedeiras.

Esse aumento nos ácidos graxos essenciais reforça a viabilidade do óleo de resíduo de tabaqui como ingrediente funcional em dietas de poedeiras, permitindo a produção de ovos nutricionalmente enriquecidos (Singh et al., 2012). No entanto, os efeitos na oxidação lipídica sugerem que é necessário um equilíbrio ótimo nos níveis de inclusão, pois concentrações excessivamente altas podem exigir estratégias adicionais para manter a estabilidade oxidativa do produto final.

13. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram que a inclusão de óleo de resíduo de tabaqui na dieta de poedeiras comerciais pode influenciar diversos parâmetros produtivos e qualitativos dos ovos. Embora essa inclusão não tenha afetado significativamente o desempenho produtivo das poedeiras, níveis moderados (1,5 e 3,0%) resultaram em melhorias na qualidade dos ovos, particularmente no peso, na coloração da gema e na unidade Haugh.

No entanto, níveis mais elevados de óleo de resíduo de tabaqui (4,5%) apresentaram efeitos negativos na estabilidade oxidativa e na aceitabilidade sensorial dos ovos, especialmente em relação ao aroma e sabor. Portanto, o uso de óleo de resíduo de tabaqui pode ser considerado estratégia viável para o enriquecimento nutricional dos ovos e a valorização de

subprodutos da aquicultura, desde que os níveis de inclusão sejam devidamente equilibrados para evitar impactos adversos na composição química e nas características sensoriais do produto final.

Estudos adicionais são recomendados para avaliar estratégias que possam mitigar a oxidação lipídica e melhorar a aceitação sensorial de ovos enriquecidos com óleo de resíduo de tambaqui.

14. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N.M. **Composição em ácidos graxos e quantificação de EPA e DHA de matrinxã (*Brycon cephalus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) cultivado e capturado na Amazônia Central**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ALMEIDA, N.M; FRANCO, M.R.B. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.65, n.1, p.7-14, 2006.

ALHAZZAA, R.; NICHOLS, P.D.; CARTER, C.G. Sustainable alternatives to dietary fish oil in tropical fish aquaculture. **Rev. Aquac**, 11 (4), 1195-1218, 2019. <https://doi.org/10.1111/raq.12287>

AO, T.; MACALINTAL, L.M.; PAUL, M.A.; PESCATORE, A.J.; CANTOR, A.H.; FORD, M.J.; DAWSON, A. K. Effects of supplementing microalgae in laying hen diets on productive performance, fatty-acid profile, and oxidative stability of eggs. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, n. 3, p. 394-400, 2015.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21^a ed. Rockville: AOAC, 2019.

ARBELÁEZ-ROJAS, G.A., FRACALLOSSI, D.M., FIM, J.D.I. Composição corporal do tambaqui, *Colossoma macropomum*, e Matrinxã, *Brycon cephalus*, em sistemas de cultivo intensivo, em igarapé, e semi-intensivo, em viveiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1059-1069, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000500001>

ATTIA, Y.A.; AL-HARTHI, M.A.; AL SAGANA, A.A.; ABDULSALAM, N.M.; HUSSEIN, E.O.S.; OLAL, M.J. Egg production and quality, lipid metabolites, antioxidant status and immune response of laying hens fed diets with various levels of soaked flax seed meal. **Agriculture**, v. 12, n. 9, p. 1402–1402, 2022. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091402>

- ATTIA, Y. A.; AL SAGAN, A.A.; HUSSEIN EL SAYED, O.S.; OLAL, M.J.; EBEID, T.A.; ALHOTAN, R.A.; QAID, M.M.; BOVERA, F.; SHEHTA, H.A.; TUFARELLI, V. Antioxidant status, lipid metabolism, egg fatty acids, and nutritional index of white-egg laying hens fed flaxseed cake. **Journal of Poultry Science**, v. 61, 2024010, 2024a. <https://doi.org/10.2141/jpsa.2024010>
- ATTIA, Y.; AL SAGAN, A.A.; HUSSEIN, E.S.O.; OLAL, M. J.; EBEID, T.A.; ALABDULLATIF, A. A.; SHEHTA, H.A. Enhancing the nutritional values of egg yolks of laying hens by different dietary sources of omega-3 fatty acids, vitamin e and trace elements. **Livestock Science**, v. 289, 105573, 2024b. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105573>
- BERTIPAGLIA, L.A.; SAKAMOTO, M.I.; BERTIPAGLIA, L.M.; MELO, G.M.P. Lipid sources in diets for egg-laying Japanese quail: performance and egg quality. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 3, p. 281–284, 2016. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i3.30925>
- BESONG, S.A.; VENKATARAYAPPA, C.R.; FOSUNG, C.N. Evaluate the effect of african melon oil seed on lipid metabolism and protein expression in laying hen. **The FASEB Journal**, v. 22, p. 725-725, 2008. https://doi.org/10.1096/fasebj.22.2_supplement.725
- BOSCOLO, W.R.; SIGNOR, A.; FREITAS, J.D.; BITTENCOURT, F.; FEIDEN, A. Native fish nutrition. **Rev. Bras. Zootec.**, 40 (special suppl), 145-154, 2011.
- BRELAZ, K.C.B.T.R.; CRUZ, F.G.G.; BRASIL, R.J.M.; SILVA, A.F.; RUFINO, J.P.F.; COSTA, V.R.; VIANA FILHO, G.B. Fish waste oil in laying hens diets. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 21, p. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1069>
- CACHALDORA, P.; GARCÍA-REBOLLAR, P.; ALVAREZ, C.; DE BLAS, J.C.; MÉNDEZ, J. Effect of type and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids retention efficiency in laying hens. **British Poultry Science**, v. 47, n. 1, p. 43-49, 2006. <https://doi.org/10.1080/00071660500475541>
- CACHALDORA, P.; GARCIA-REBOLLAR, P.; ALVAREZ, C.; MENDEZ, J.; DE BLAS, J.C. Double enrichment of chicken eggs with conjugated linoleic acid and n-3 fatty acids through dietary fat supplementation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 144, n. 3-4, p. 315-326, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.10.010>
- CARBONERA, F.; SANTOS, H.M.C.D.; MONTANHER, P.F.; SCHNEIDER, V.A.; LOPES, A.P.; VISENTAINER, J.V. Distinguishing wild and farm-raised freshwater fish through fatty

- acid composition: Application of statistical tools. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 116, p. 1363-1371, 2014. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300339>
- CEDERHOLM, T.; SALEM, N.; PALMBLAD, J. ω -3 fatty acids in the prevention of cognitive decline in humans. **Nutrition**, v. 4, n. 6, p. 672-676, 2013. <https://doi.org/10.3945/an.113.004556>
- ÇELEBI, Ş.; KARAOĞLU, M. Effects of various fat sources added into the diets of laying hens on calcium and phosphorus metabolism. **Journal of Agricultural Production**, v. 5, n. 3, p. 163-169, 2024. <https://doi.org/10.56430/japro.1469620>
- CEYLAN, N.; CIFTÇI, I.; MIZRAK, C.; KAHRAMAN, Z.; EFIL, H. Influence of different dietary oil sources on performance and fatty acid profile of egg yolk in laying hens. **Journal of Animal and Feed Sciences**, v. 20, n. 1, p. 71-83, 2011. <https://doi.org/10.22358/jafs/66159/2011>
- CYRINO, J.E.P.; BICUDO, Á.J.D.A.; SADO, R.Y.; BORGHESI, R.; DAIRIKI, J.K. Fish farming and the environment: the use of environmental friendly feeds in fish culture. **Rev. Bras. Zootec.**, 39 , 68-87, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001300009>
- CHANG, Y.; XUAN, Y.; ZHANG, R.; DING, X.; ZENG, Q.; WANG, J.; BAI, S.; LI, S.; LIU, Y.; CHEN, Y.; ZHANG, K. Effects of dietary *Schizochytrium* algae as ω -3 PUFA source on the egg-laying quail performance, serum indexes, and egg yolk fatty acids contents. **Animals (Basel)**, v. 15, n. 1, p. 21, 2025. <https://doi.org/10.3390/ani15010021>
- CHATTERJEE, S.; HADI, A.S. **Regression Analysis by Example**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2006.
- CHERIAN, G.; TRABER, M.G.; LEONARD, S.W. Conjugated linoleic acid and fish oil in laying hen diets: effects on egg fatty acids, thiobarbituric acid reactive substances, and tocopherols during storage. **Poultry Science**, v.86, n.5, p. 953-958, 2007. <https://doi.org/10.1093/ps/86.5.953>
- COOREY, R.; NOVINDA, A.; WILLIAMS, H.; JAYASENA, V. Omega-3 fatty acid profile of eggs from laying hens fed diets supplemented with chia, fish oil, and flaxseed. **Journal of Food Science**, v. 80, n. 1, p. 180-187, 2014. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12735>
- CREXI, V.T.; SOUZA-SOARES, L.A.; PINTO, L.A.A. Carp (*Cyprinus carpio*) oils obtained by fishmeal and ensilage processes: characteristics and lipid profiles. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1642-1648, 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.01982.x>

- DÍAZ, G.J.; CORTÉS, A.; CEPEDA, S.M. Effect of feeding hens trout by-product meal or tuna fish oil on production parameters and yolk fatty acid profile. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 24, n. 4, p. 609-616, 2011. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.324720>
- DONG, X.F.; LIU, S.; TONG, J.M. Comparative effect of dietary soybean oil, fish oil, and coconut oil on performance, egg quality and some blood parameters in laying hens. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2460-2472, 2018. <https://doi.org/10.3382/ps/pey094>
- DORMANN, C.F.; ELITH, J.; BACHER, S.; BUCHMANN, C.; CARL, G.; CARRÉ, G.; MARQUÉZ, J.R.G.; GRUBER, B.; LAFOURCADE, B.; LEITÃO, P.J.; MÜNKEMÜLLER, T.; MCCLEAN, C.; OSBORNE, P.E.; REINEKING, B.; SCHRÖDER, B.; SKIDMORE, A.K.; ZURELL, D.; LAUTENBACH, S. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. **Ecography**, v. 36, p. 27-46, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- DU, X.; WANG, Y.; AMEVOR, F.K.; NING, Z.; DENG, X.; WU, Y.; WEI, S.; CAO, X.; XU, D.; TIAN, Y.; YE, L.; SHU, G.; ZHAO, X. Effect of high energy low protein diet on lipid metabolism and inflammation in the liver and abdominal adipose tissue of laying hens. **Animals (Basel)**, 14(8), 1199, 2024. <https://doi.org/10.3390/ani14081199>
- DUTCOSKY, S. D. **Sensory analysis of foods**. Curitiba: Champagnat, 1996.
- DUTRA, D.R.; PASCHOALIN, G.C.; SOUZA, R.A.; DE MELLO, J.L.M.; GIAMPIETROGANECO, A.; FERRARI, F.B.; PIZZOLANTE, C.C. Qualidade dos ovos frescos e armazenados em função do tempo de permanência nos ninhos em sistema cage-free. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, p. e39410211881-e39410211881, 2021. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.11881>
- EBEID, T.; EID, Y.; SALEH, A.; ABD EL-HAMID, H. Ovarian follicular development, lipid peroxidation, antioxidative status and immune response in laying hens fed fish oil-supplemented diets to produce n-3-enriched eggs. **Animal**, v. 2, n. 1, p. 84-91, 2008. <https://doi.org/10.1017/s1751731107000882>
- ELKIN, R.G.; HARVATINE, K.J. A review of recent studies on the enrichment of eggs and poultry meat with omega-3 polyunsaturated fatty acids: novel findings and unanswered questions. **Poultry Science**, v. 102, n. 10, p. 102938, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102938>
- FAITARONE, A.B.G.; GARCIA, E.A.; ROÇA, R.O.; ANDRADE, E.N.; VERCESE, F.; PELÍCIA, K. Yolk color and lipid oxidation of the eggs of commercial white layers fed diets

- supplemented with vegetable oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 18, n. 1, p. 09-16, 2016. <https://doi.org/10.1590/1516-635X1801009-016>
- FENG, J.; LONG, S.; ZHANG, H.J.; WU, S.G.; QI, G.H.; WANG, J. Comparative effects of dietary microalgae oil and fish oil on fatty acid composition and sensory quality of table eggs. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1734-1743, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.11.005>
- FERREIRA, C.S.M.; DA SILVA, E.C.; DE SOUSA GASPAR, F.D.; VENEZA, I.B. Buriti pie (*Mauritia flexuosa*) as an alternative ingredient in rations for juveniles of Tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Res., Soc., Dev.**, 10 (8), e24510817345, 2011. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17345>
- FILARDI, R.S.; JUNQUEIRA, O.M.; DE LAURENTIZ, A.C.; CASARTELLI, E.M.; RODRIGUES, E.A.; ARAUJO, L.F. Influence of different fat sources on the performance, egg quality, and lipid profile of egg yolks of commercial layers in the second laying cycle. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 14, p. 258-264, 2005. <https://doi.org/10.1093/japr/14.2.258>
- Food and Agriculture Organization (FAO), 2022. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022**. Towards Blue Transformation. (FAO, Rome) <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- FRAEYE, I.; BRUNEEL, C.; LEMAHIEU, C.; BUYSE, J.; MUYLAERT, K.; FOUBERT, I. Dietary enrichment of eggs with omega-3 fatty acids: A review. **Food Research International**, v. 48, n. 2, p. 961-969, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.03.014>
- GAO, Z.; ZHANG, J.; LI, F.; ZHENG, J.; XU, G. Effect of oils in feed on the production performance and egg quality of laying hens. **Animals (Basel)**, v. 11, n. 12, p. 3482, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11123482>
- GARCÍA-REBOLLAR, P.; CACHALDORA, P.; ÁLVAREZ, C.; DE BLAS, C.; MÉNDEZ, J. Effect of the combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens. **Animal Feed Science and Technology**, v. 140, p. 337–348, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.03.006>
- GOLDBERG, E.M.; GAKHAR, N.; RYLAND, D.; ALIANI, M.; GIBSON, R.A.; HOUSE, J.D. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed hempseed and hempseed oil. **Journal of Food Science**, v. 77, p. S153-S160, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2012.02626.x>
- GONZALEZ-ESQUERRA, R.; LEESON, S. Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile and sensory quality of eggs. **Poultry Science**, v. 79, p. 1597-1602, 2000. <https://doi.org/10.1093/ps/79.11.1597>

- GROBAS, S.; MÉNDEZ, J.; LÁZARO, R. Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. **Poultry Science**, v. 80, p. 1171-1179, 2001. <https://doi.org/10.1093/ps/80.8.1171>
- GUIMARÃES, C.C.; SILVA, A.J.I.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; SILVA, A.F.; COSTA, V.R. Digestibility and physicochemical characteristics of tambaqui waste biological silage meal included in commercial layer diets. **Braz. J. Poult. Sci.**, 21(3), 001-006, 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2018-0869>
- GUIMARÃES, C.C.; MACIEL, I.V.; SILVA, A.F.; LOPES, A.F.; CARPIO, K.C.R.; DA SILVA, A.J.I. Biotechnological aspects of biological silage of Tambaqui residues. **Rev. Agro. Amb.**, 14(1), 1-12, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n1e006861>
- GUIMARÃES, C.C.; NÓBREGA, T.C.; SANTOS, A.N.A.; BARAI, A.A.; MOURÃO, L.S.; GOMES, M.F.S.; FERREIRA, W.S.; CHAVES, F.A.L.; SILVA JUNIOR, J.L.; MENDONÇA, M.A.F.; SILVA, A.J.I.; RUFINO, J.P.F.; OLIVEIRA, A.T.; 2025. Biological silage from tambaqui (*Colossoma macropomum*) by-products on the productive performance, hematological parameters and egg quality of older commercial hens. **Tropical Animal and Health Production**, v. 57, p. 20, 2025. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-024-04273-8>
- HAMILTON, R.M.G. Methods and factors that affect the measurement of egg shell quality. **Poultry Science**, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0612022>
- 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. **International Journal of Poultry, Science**, v. 61, n. 10, p. 2022-2039, 1982. <http://dx.doi.org/10.3382/ps.0612022>
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. **U.S. Egg Poultry Magazine**, v. 43, P. 552-555, 1937.
- HUSVETH, F.; ROZSA, L.; MAGYAR, L.; BALI, G.; PAPOCSI, P. N-3 fatty acid enrichment of table eggs by adding a fish oil preparation (Nordos Fat®) to the diet of laying hens. **European Poultry Science**, v. 67, n. 5, p. 198-203, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0003-9098\(25\)00091-8](https://doi.org/10.1016/S0003-9098(25)00091-8)
- INHAMUNS, A.J. **Composição de ácidos de peixes de água doce da Região Amazônica brasileira**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

- INHAMUNS, A.J.; FRANCO, M.R.B. Composition of total, neutral and phospholipids in mapará (*Hypophthalmus* sp.) from the Brazilian Amazonian area. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, p. 4859-4863, 2001. <https://doi.org/10.1021/jf0100393>
- JONSSON, L.; WALL, H.; TAUSON, R. Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. **Animal**, 5: 387-393, 2011. <https://doi.org/10.1017/S1751731110001977>
- JOSLING G.C.; HUGO, A.; FAIR, M.D.; DE WITT F.H. Long term effect of dietary lipid saturation on eggshell quality and bone characteristics of laying hens. **Poultry Science**, v. 98, p. 3593-3601, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pez127>
- KESHAVARZ, K.; NAKAJIMA, S. The effect of dietary manipulations of energy, protein, and fat during the growing and laying periods on early egg weight and egg components. **Poultry Science**, v. 74, p. 50-61, 1995. <https://doi.org/10.3382/ps.0740050>
- KEUM, M.C.; AN, B.K.; SHIN, K.H.; LEE, K.W. Influence of dietary fat sources and conjugated fatty acid on egg quality, yolk cholesterol, and yolk fatty acid composition of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, p. e20170303, 2018. <https://doi.org/10.1590/rbz4720170303>
- KING, E.J.; HUGO, A.; DE WITT, F.H.; VAN DER MERWE, H.J.; FAIR, M.D. Effect of dietary fat source on fatty acid profile and lipid oxidation of eggs. **South African Journal of Animal Science**, v. 42, n; 5, p. 503-506, 2012.
- KRALIK, Z.; KRALIK, G.; GRČEVIĆ, M.; GALOVIĆ, D. Effect of storage period on the quality of table eggs. **Acta Agraria Kaposváriensis**, v. 18, n. 1, p. 200-206, 2014.
- KRALIK, G.; KRALIK, Z.; GRČEVIĆ, M.; GALOVIĆ, O.; HANŽEK, D.; BIAZIK, E. Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing diferente shares of fish oil. **Poultry Science**, v. 100, n. 10, p. 101379, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101379>
- KRALIK, Z.; KRALIK, G.; RADANOVIĆ, A. The sensory characteristics of eggs enriched with the fish and linseed oil. **Poljoprivreda**, v. 30, n. 1, p. 60-66, 2024. <http://dx.doi.org/10.18047/poljo.30.1.8>
- LAWLOR, J.B.; GAUDETTE, N.; DICKSON, T.; HOUSE, J.D. Fatty acid profile and sensory characteristics of table eggs from laying hens fed diets containing microencapsulated fish oil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 156, n. 3-4, p. 97-103, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.01.003>
- LELIS, G.R.; SILVA, M.D.; TAVERNARI, F.C.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. Performance of layers fed diets containing different oils. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 11, n. 4, p. 235-240, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2009000400004>

- LEMAHIEU, C.; BRUNEEL, C.; DEJONGHE, C.; BUYSE, J.; FOUBERT, I. The cell wall of autotrophic microalgae influences the enrichment of long chain omega-3 fatty acids in the egg. **Algal Research**, v. 16, p. 209-215, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.03.015>
- LIANG, K.; ZU, H.; WANG, X. Effect of storage on n-3 pufa-enriched eggs. **Cyta-Journal of Food**, v. 18, n. 1, p. 102-107, 2020. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1713896>
- LOGAN, M. **Biostatistical design and analysis using R: a practical guide**. New Jersey: John Wiley & Sons Ltd., 2010.
- MAINA, A.N.; LEWIS, E.; KIARIE, E.G. Egg production, egg quality, and fatty acids profiles in eggs and tissues in Lohmann LSL lite hens fed algal oils rich in docosahexaenoic acid (DHA). **Poultry Science**, v. 102, p. 102921, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102921>
- MARIOD, A.; MUKHTAR, M.; SALIH, M.E.; HERWAN, T. Effect of addition of fish oil on the performance parameters of laying hens and the fatty acid composition of their egg yolk. **American Journal of Nutrition and Food Science**, v. 1, n. 1, p. 38-42, 2015.
- MARTINS, M.B; SUAIDEN, A.S.; PIOTTO R.F.; BARBOSA, M. Propriedades dos ácidos graxos poli-insaturados – Ômega 3 obtidos de óleo de peixe e óleo de linhaça. **Revista Instituto Ciências da Saúde**, v. 6, n. 2, p.153-6, 2008.
- MEMON, N. N., TALPUR, F. N., BHANGER, M. I., BALOUCH, A. Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. **Food Chemistry**, v. 126, n. 2, p. 405-410, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.107>
- MENDONÇA Jr, C.X.; MARTINS, A.P.; MORI, A.V.; SILVA, E.B.; MORI, C.S. Efeito da adição de óleo de peixe à dietas sobre o desempenho e níveis de lipídeos plasmáticos e de colesterol no ovo de galinhas poedeiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**. v. 47, n. 1, p. 79-83, 2000. <https://doi.org/10.1590/S1413-95962000000100014>
- MOUSAVI, A.; MAHDAVI, A.H.; RIASI, A.; SOLTANI-GHOMBAVANI, M.J.A.FS. Synergetic effects of essential oils mixture improved egg quality traits, oxidative stability and liver health indices in laying hens fed fish oil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 162-172, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.001>
- NEIJAT, M.; OJEKUDOB, O.; HOUSE, J.D. Effect of flaxseed oil and microalgae DHA on the production performance, fatty acids and total lipids of egg yolk and plasma in laying hens. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v. 115, p. 77-88, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2016.10.010>

- NOGUEIRA, M.A.; CRUZ, F.G.G.; TANAKA, E.S.; RUFINO, J.P.F.; SANTANA, T.M. Suplementação de óleo de dendê (*Elaeis guineenses* jaquim) na alimentação de poedeiras em clima tropical. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 103-111, 2014. <https://doi.org/10.7213/academica.12.02.AO03>
- OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANCADO, V.S.; GRIMALDI, R.; SOUZA, M.R.; LARA, L.J.; LANA, A.M. Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. **Poultry Science**, v. 89, n. 11, p. 2484-2490, 2010. <https://doi.org/10.3382/ps.2009-00522>
- OLIVEIRA, D.D.; BAIÃO, N.C.; CANÇADO, S.V.; OLIVEIRA, B.L.; LANA, A.M.Q.; FIGUEIREDO, T.C. Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying henson production performance and egg quality. **Ciência & Agrotecnologia**, v. 35, n. 5, p. 995-1001, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000500018>
- PAPPAS, A.C.; ACAMOVIC, T.; SPARKS, N.H.C.; SURAI, P.F.; MCDEVITT, R.M. Effects of supplementing broiler breeder diets with organic selenium and polyunsaturated fatty acids on egg quality during storage. **Poultry Science**, v. 84, p. 865-874, 2005. <https://doi.org/10.1093/ps/84.6.865>
- PEEBLES, E.D.; McDANIEL, C.D. **A practical manual for understanding the shell structure of broiler hatching eggs and measurements of their quality**. Office of Agricultural Communications, Division of Agriculture, Forestry, and Veterinary Medicine, Mississippi State University, Bulletin 1139, abril de 2004.
- RAMANATHAN, L.; DAS, N.P. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic natural products. **Journal of Food Chemistry**, v. 40, n. 1, p. 17-21, 1992. <https://doi.org/10.1021/jf00013a004>
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; CALDERANO, A.A.; HANNAS, M.I.; SAKOMURA, N.K.; COSTA, F.G.P.; ROCHA, G.C.; SARAIVA, A.; ABREU, M.L.T.; GENOVA, J.L.; TAVERNARI, F.C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 5ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2024.
- RÖÖS, E.; BAJŽELJ, B.; SMITH, P.; PATEL, M.; LITTLE, D.; GARNETT, T. Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. **Glob. Environ. Change**, 47, 1-12, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>
- 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 Scientiarum. Animal Sciences, v. 43, p. e49033, 2021.

<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.49033>

SALEH, A.A. Effects of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. **Emirates Journal Food Agriculture**, 25: 605-612, 2013. <http://dx.doi.org/10.9755/ejfa.v25i8.14005>

SANTOS, J.S.; MACIEL, L.G.; SEIXAS, V.N.C.; ARAUJO, J. A. de. Parâmetros avaliativos da qualidade física de ovos de codornas (*Coturnix coturnix* japônica) em função das características de armazenamento. **DESAFIOS - Revista Interdisciplinar Da Universidade Federal Do Tocantins**, 3(1), 54-67, 2016. <https://doi.org/10.20873/uft.2359-3652.2016v3n1p54>

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. **NatureFood**, 3, 729-740, 2022. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00589-6>

SOUZA, E. S. Qualidade nutricional dos lipídios de tambaqui (*Colossoma macropomum*), peixe nativo da Amazônia. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas, Sociais e Agrárias) – Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2015.

SOUZA CORNÉLIO, J.P. The use of alternative ingredients in food for tambaqui (*Colossoma macropomum*): a review. **Res., Soc., Dev.**, 11 (12), e291111234587, 2022. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34587>

SEIBEL, N.F.; SCHOFFEN, A.B.; QUEIROZ, M.I.; SOUZA-SOARES, L.A. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 30, n. 4, p. 884-889, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000400008>

SILVA, A.F.; CRUZ, F.G.G.; RUFINO, J.P.F.; MILLER, W.M.P.; FLOR, N.S. Farinha de subprodutos de peixe em dietas para galinhas poedeiras comerciais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 3, p. 273-279, 2017. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v39i3.34102>

SILVA, P. C., KRONKA, S. N., TAVARES, L. H. S., SOUZA, V. L. Desempenho produtivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em diferentes densidades e trocas de água em "raceway". **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 935-941, 2002. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v24i0.2441>

- SINGH, V.P.; PATHAK, V.; AKHILESH, K.V. Modified or Enriched Eggs: A Smart Approach in Egg Industry: A Review. **American Journal of Food Technology**, v. 7, n. 5, p. 266-277, 2012. <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.266.277>
- ŚWIĄTKIEWICZ, S.; ARCZEWSKA-WŁOSEK, A.; SZCZUREK, W.; CALIK, J.; BEDERSKA-ŁOJEWSKA, D.; ORCZEWSKA-DUDEK, S.; MUSZYŃSKI, S.; TOMASZEWSKA, E.; JÓZEFIAK, D. Algal oil as source of polyunsaturated fatty acids in laying hens nutrition: Effect on egg performance, egg quality indices and fatty acid composition of egg yolk lipids. **Annals of Animal Science**, v. 20, p. 961-973, 2020. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0019>
- TORRES, E.A.F.D.S.; OKANI, E.T. Teste de TBA: ranço em alimentos. **Revista Nacional da Carne**, n. 243, p. 1, 1997.
- TOCHER, D.R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 717-732, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02150.x>
- WU, Y.B.; LI, L.; WEN, Z.G.; YAN, H.J.; YANG, P.L.; TANG, J.; HOU, S.S. Dual functions of eicosapentaenoic acid-rich microalgae: enrichment of yolk with n-3 polyunsaturated fatty acids and partial replacement for soybean meal in diet of laying hens. **Poultry Science**, v. 98, n. 1, p. 350-357, 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pey372>
- VAN ZANTEN, H.H.E.; HERRERO, M.; VAN HAL, O.; RÖÖS, E.; MULLER, A.; GARNETT, T.; GERBER, P.J.; SCHADER, C.; DE BOER, I.J.M. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. **Glob. Change Biol.**, 24, 4185–4194, 2018. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.14321>
- VAN HAL, O.; DE BOER, I.J.M.; MULLER, A.; DE VRIES, S.; ERB, K.H.; SCHADER, C.; GERRITS, W.J.J.; VAN ZANTEN, H.H.E. Upcycling food yields and grass resources through livestock: impact of livestock system and productivity. **J. Clean. Prod.**, 219, 485-496, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.329>
- VYNCKE, B.W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084-1087, 1970. <https://doi.org/10.1002/lipi.19700721218>
- XIAO, N.; ZHAO, Y.; YAO, Y.; WU, N.; XU, M.; DU, H.; TU, Y. Biological activities of egg yolk lipids: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 7, p. 1948-1957, 2020. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06616>

XU, M.; LIU, L.; FAN, Z.; NIU, L.; NING, W.; CHENG, H.; LI, M.; HUO, W.; ZHOU, P.; DENG, H.; CHEN, W.; CHE, L. Effect of different dietary oil sources on the performance, egg quality and antioxidant capacity during the late laying period. **Poultry Science**, v. 104, p. 104615, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104615>