



LEVANTAMENTO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS NA AVICULTURA

ENCUESTA SOBRE EL USO DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS EN LA AVICULTURA

SURVEY ON THE USE OF ALTERNATIVE INGREDIENTS IN POULTRY FARMING

Apresentação: Comunicação Oral

Pedro Lucas de Lima Silva¹; João Pedro Cesário Félix²

DOI: <https://doi.org/10.31692/VICIAGRO.0114>

RESUMO

A avicultura global enfrenta desafios crescentes para atender à demanda por proteína animal de forma sustentável e economicamente viável. Este trabalho apresenta uma revisão sobre as principais tendências e dificuldades relacionadas à utilização de ingredientes alternativos na formulação de rações aviárias, com enfoque em coprodutos agroindustriais, farinhas de insetos e microalgas. Foi realizada uma pesquisa bibliográfica abrangente em bases científicas como Web of Science, Google Acadêmico e PubMed, considerando publicações relevantes entre 2010 e 2025, assegurando uma visão atualizada e ampla das práticas e avanços no setor. Os coprodutos agroindustriais, como o bagaço de cerveja, apresentam potencial significativo para promover a sustentabilidade ao aproveitar resíduos da cadeia produtiva, reduzindo o desperdício e os impactos ambientais decorrentes do cultivo tradicional de ingredientes convencionais. Da mesma forma, as farinhas de insetos, especialmente derivadas de larvas de mosca soldado negra e tenébrio, oferecem elevada concentração de proteínas e aminoácidos essenciais, além de favorecer a saúde intestinal das aves e a qualidade dos produtos finais. As microalgas, tales como a Spirulina e a Chlorella vulgaris, são fonte rica em ômega-3 e antioxidantes, contribuindo para a melhora do sistema imune das aves e o enriquecimento nutricional dos ovos. Apesar dos avanços, a adoção ampla desses ingredientes ainda é limitada por questões relacionadas ao custo de processamento industrial, à variação na composição nutricional dos insumos e aos entraves regulatórios que restringem seu uso comercial. Desafios técnicos e econômicos vinculados à viabilidade de produção em escala comercial também são destacados, assim como a necessidade de maior aceitação por parte dos consumidores finais. Conclui-se que o avanço na pesquisa e desenvolvimento, além da implementação de regulamentações claras e eficientes, são fundamentais para ampliar a utilização desses ingredientes alternativos na nutrição aviária. Dessa forma, é possível consolidar práticas mais sustentáveis, que conciliem redução de custos, melhoria na qualidade dos produtos e preservação ambiental, alinhando-se às demandas atuais e futuras do setor avícola.

Palavras-Chave: Ingredientes alternativos, Sustentabilidade, Coprodutos, Farinhas de insetos, Microalgas.

¹ Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, pedrolucpl25@gmail.com

² Mestrando em Tecnologia Agroalimentar, UFPB, joaopedrocesariofelix@gmail.com

RESUMEN

La industria avícola mundial se enfrenta a crecientes desafíos para satisfacer la demanda de proteína animal de forma sostenible y económicamente viable. Este artículo presenta una revisión de las principales tendencias y dificultades relacionadas con el uso de ingredientes alternativos en la formulación de alimentos para aves, con especial atención a los subproductos agroindustriales, las harinas de insectos y las microalgas. Se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en bases de datos científicas como Web of Science, Google Scholar y PubMed, considerando publicaciones relevantes entre 2010 y 2025, lo que garantiza una visión actualizada y amplia de las prácticas y los avances del sector. Los subproductos agroindustriales, como el bagazo de cerveza, tienen un gran potencial para promover la sostenibilidad mediante el aprovechamiento de residuos de la cadena de producción, reduciendo así los residuos y el impacto ambiental derivados del cultivo tradicional de ingredientes convencionales. Asimismo, las harinas de insectos, especialmente las derivadas de larvas de mosca soldado negra y gusano de la harina, ofrecen una alta concentración de proteínas y aminoácidos esenciales, además de favorecer la salud intestinal de las aves y la calidad de los productos finales. Las microalgas, como la espirulina y la *Chlorella vulgaris*, son ricas fuentes de omega-3 y antioxidantes, que contribuyen a mejorar el sistema inmunitario de las aves y al enriquecimiento nutricional de los huevos. A pesar de los avances, la adopción generalizada de estos ingredientes aún se ve limitada por problemas relacionados con el coste del procesamiento industrial, la variación en la composición nutricional de los insumos y los obstáculos regulatorios que restringen su uso comercial. También se destacan los desafíos técnicos y económicos relacionados con la viabilidad de la producción a escala comercial, así como la necesidad de una mayor aceptación por parte del consumidor final. Se concluye que los avances en investigación y desarrollo, además de la implementación de regulaciones claras y eficientes, son esenciales para expandir el uso de estos ingredientes alternativos en la nutrición avícola. De esta manera, es posible consolidar prácticas más sostenibles que combinen la reducción de costes, la mejora de la calidad del producto y la preservación del medio ambiente, en línea con las demandas actuales y futuras del sector avícola.

Palabras clave: Ingredientes alternativos, Sostenibilidad, Coproductos, Harinas de insectos, Microalgas.

ABSTRACT

The global poultry industry faces increasing challenges to meet the demand for animal protein in a sustainable and economically viable manner. This paper presents a review of the main trends and difficulties related to the use of alternative ingredients in the formulation of poultry feeds, focusing on agro-industrial by-products, insect meals and microalgae. A comprehensive bibliographic search was carried out in scientific databases such as Web of Science, Google Scholar and PubMed, considering relevant publications between 2010 and 2025, ensuring an up-to-date and broad view of practices and advances in the sector. Agro-industrial by-products, such as beer bagasse, have significant potential to promote sustainability by using residues from the production chain, reducing waste and environmental impacts resulting from the traditional cultivation of conventional ingredients. Likewise, insect meals, especially those derived from black soldier fly and mealworm larvae, offer a high concentration of proteins and essential amino acids, in addition to favoring the intestinal health of birds and the quality of final products. Microalgae, such as *Spirulina* and *Chlorella vulgaris*, are rich sources of omega-3 and antioxidants, contributing to improving the immune system of birds and the nutritional enrichment of eggs. Despite advances, the widespread adoption of these ingredients is still limited by issues related to the cost of industrial processing, the variation in the nutritional composition of inputs, and regulatory obstacles that restrict their commercial use. Technical and economic challenges linked to the viability of production on a commercial scale are also highlighted, as well as the need for greater acceptance by end consumers. It is concluded that advances in research and development, in addition to the implementation of clear and efficient regulations, are essential to expand the use of these alternative ingredients in poultry nutrition. In this way, it is possible to consolidate more sustainable practices that combine cost reduction, improvement in product quality, and environmental preservation, in line with the current and future demands of the poultry sector.

Keywords: Alternative ingredients, Sustainability, Co-products, Insect meals, Microalgae.

INTRODUÇÃO

A avicultura global tem experimentado uma expansão notável, impulsionada pela crescente demanda por proteína animal em um cenário de aumento populacional e rápida urbanização. A alimentação representa até 77% dos custos totais da avicultura (EMBRAPA, 2022), tornando-se um desafio econômico crescente.

Diante desse cenário, a busca por fontes nutricionais alternativas e acessíveis para aves tem se intensificado. O uso de subprodutos agroalimentares na alimentação animal surge como uma estratégia promissora para fortalecer a sustentabilidade econômica e ambiental das cadeias produtivas (Guerreiro *et al.*, 2021). No entanto, essa intensificação enfrenta desafios complexos, especialmente no que se refere à viabilidade econômica e aos impactos ambientais (Gonçalves *et al.*, 2017).

A dependência de ingredientes tradicionais, como milho e soja, é um ponto crítico. Esses insumos representam a maior parcela dos custos de produção, podendo ultrapassar 70% das despesas, e sua produção está associada a questões ambientais como desmatamento e competição por terras agrícolas, além da constante volatilidade de preços no mercado global (Gomes *et al.*, 2021). Nesse contexto, a formulação de rações aviárias com ingredientes alternativos e sustentáveis tornou-se uma prioridade estratégica, refletindo uma tendência crescente desde a década de 2010 (Heuzé & Tran, 2018).

O objetivo central é reduzir a dependência dos ingredientes convencionais, mitigando o impacto ambiental e econômico da produção, ao mesmo tempo em que se busca manter ou até melhorar o desempenho zootécnico e a saúde das aves (El-Sabrouit *et al.*, 2023). Essa diversificação da matriz de ingredientes não só fortalece a resiliência da cadeia produtiva, mas também alinha a avicultura às crescentes expectativas dos consumidores por produtos mais responsáveis e seguros.

Esta revisão de literatura visa explorar as tendências e desafios na formulação de rações aviárias, com foco na inclusão de coprodutos da indústria alimentícia (como bagaço de cerveja), farinhas de insetos (como larvas da mosca soldado negra e tenébrio) e microalgas (como *Arthrospira platensis* e *Chlorella vulgaris*) como fontes inovadoras de proteína e energia. A análise considera publicações entre 2010 e 2025, garantindo uma abordagem ampla sobre as pesquisas recentes e as perspectivas futuras para a implementação dessas alternativas na nutrição de aves, buscando um equilíbrio entre viabilidade econômica, sustentabilidade ambiental e desempenho animal.

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica para este trabalho foi conduzida em bases de dados científicas de reconhecimento internacional: *Web of Science*, Google Acadêmico e *PubMed*, garantindo a abrangência e a relevância dos estudos. Além dessas fontes, foram consultados repositórios e documentos de organizações do setor, como a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e a Feedipedia, para complementar os dados técnicos e as informações sobre sustentabilidade.

Foram priorizadas publicações entre 2010 e 2025, com foco em trabalhos recentes para capturar as tendências atuais. No entanto, artigos seminais ou de grande relevância histórica para a compreensão do tema também foram incluídos, independentemente da data de publicação.

A estratégia de busca envolveu o uso de palavras-chave em português e inglês, combinadas com operadores booleanos (*AND*, *OR*) para refinar os resultados e maximizar a recuperação de artigos relevantes. Esses termos foram categorizados conforme apresentado na Tabela 1, que organiza as principais palavras-chave utilizadas de acordo com suas áreas de aplicação.

Tabela 1– Classificação dos descritores utilizados na busca bibliográfica

Categoria	Português	Inglês
Termos gerais	“Nutrição aviária”, “Formulações de ração”, “Sustentabilidade avicultura”	<i>“Poultry nutrition”, “Feed formulation”, “Sustainable poultry farming”</i>
Ingredientes alternativos	“Coprodutos da indústria alimentícia”, “Resíduos de cervejaria”, “Bagaço de cerveja”, “Farinhas de insetos”, “Larva da mosca soldado negra”, “Tenébrio”, “Microalgas”, “Spirulina”, “Chlorella”	<i>“Agro-industrial by-products”, “Brewer's spent grain”, “Insect meal”, “Black soldier fly larvae”, “Tenebrio molitor”, “Microalgae”, “Arthrospira platenses”</i>
Resultados e desafios	“Desempenho zootécnico”, “Qualidade da ração”, “Digestibilidade”, “Fatores antinutricionais”, “Custo da ração”	<i>“Nutritional value”, “Feed quality”, “Digestibility”, “Antinutritional factors”, “Feed cost”</i>

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Para assegurar a relevância e a qualidade da revisão, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Os critérios de inclusão abrangeram artigos originais de pesquisa, revisões de literatura, teses, dissertações e relatórios técnicos, desde que publicados em periódicos com revisão por pares. Incluímos trabalhos que abordassem a utilização de coprodutos da indústria alimentícia, farinhas de insetos e/ou microalgas na dieta de aves (frangos de corte, poedeiras, matrizes), publicados em português ou inglês, e que apresentassem dados sobre desempenho zootécnico,

digestibilidade, composição nutricional dos ingredientes alternativos, qualidade dos produtos avícolas (carne, ovos) ou impacto ambiental.

LEVANTAMENTO DOS ESTUDOS ANALISADOS

Com base nesses critérios, foi elaborado um levantamento dos principais estudos sobre ingredientes alternativos na nutrição aviária. A Tabela 2 sintetiza esses trabalhos, destacando os ingredientes avaliados, seus benefícios e o tipo de abordagem empregada.

Tabela 2 – Principais estudos sobre ingredientes alternativos na nutrição aviária

Autor(es) e Ano	Ingrediente Alternativo	Principais Achados	Tipo de Estudo
Alagawany <i>et al.</i> , 2021	Bagaço de cerveja (levedura)	Inclusão de até 2% melhora digestibilidade sem afetar produção de ovos	Experimental
Khan, 2018	Farinhas de insetos	Fornecimento fresco, seco ou pastoso na dieta de aves	Revisão bibliográfica
Oliveira <i>et al.</i> , 2020	Farinhas de insetos	Proteína de 35-68%, podendo chegar a 80% em peso seco	Experimental
Barroso <i>et al.</i> , 2019	Tenébrio e Mosca Soldado	Alto teor de proteína (40-60%) e aminoácidos essenciais	Revisão bibliográfica
Ambrosio <i>et al.</i> , 2020	Microalgas (Spirulina, Chlorella)	Ricas em ômega-3 e antioxidantes, melhoram resposta imunológica das aves	Experimental
Yeganeh <i>et al.</i> , 2020	Microalgas (Chlorella vulgaris)	Enriquecimento dos ovos com ômega-3, aumento do valor nutricional	Experimental

Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

TENDÊNCIAS E DESAFIOS NA FORMULAÇÃO DE RAÇÕES AVIÁRIAS

A formulação de rações aviárias tem evoluído para otimizar o uso de nutrientes e reduzir o impacto ambiental. Entre as principais tendências, destaca-se a nutrição de precisão, que leva em consideração as exigências específicas de linhagens, fases de produção e condições ambientais (Salgado *et al.*, 2020). Além disso, estratégias para a redução do uso de antibióticos promotores de crescimento (APCs) vêm ganhando espaço, com foco na saúde intestinal das aves por meio de aditivos funcionais (Kogut *et al.*, 2016). Essas abordagens conjuntas refletem um movimento em direção a uma avicultura mais eficiente e sustentável, onde a otimização nutricional e a promoção da saúde intestinal são pilares para o bem-estar animal e a redução da pegada ecológica da produção.

No entanto, um dos maiores desafios do setor é a identificação e o uso eficaz de ingredientes alternativos que conciliem viabilidade econômica, qualidade nutricional e sustentabilidade ambiental, garantindo a segurança alimentar e o desempenho produtivo.

INGREDIENTES ALTERNATIVOS E SUSTENTÁVEIS NA NUTRIÇÃO AVIÁRIA

A escassez e o alto custo das fontes proteicas e energéticas convencionais, como a farinha de soja e o milho, impulsionam a pesquisa e o desenvolvimento de ingredientes alternativos. Os insumos para alimentação animal representam um custo significativo, correspondendo de 60% a 70% dos custos econômicos e ambientais (Cosmo *et al.*, 2020).

Muitos desses ingredientes são coprodutos da indústria alimentícia, o que representa uma oportunidade valiosa para agregar valor a resíduos e reduzir impactos ambientais, como o desperdício de recursos naturais e a emissão de carbono. Dessa forma, a busca por alternativas alimentares viáveis é essencial para fortalecer a sustentabilidade da produção avícola.

Além disso, encontrar novas fontes de nutrição para aves torna-se cada vez mais importante diante dos desafios globais, como o crescimento populacional e a escassez de alimentos (El-Sabrou *et al.*, 2023). Assim, a incorporação de ingredientes alternativos não só contribui para a redução da pressão sobre as commodities agrícolas, mas também melhora a eficiência produtiva e alinha a avicultura às demandas por práticas mais responsáveis e inovadoras.

Coprodutos da Indústria Alimentícia

O aproveitamento de coprodutos da indústria alimentícia é uma estratégia fundamental para fortalecer a sustentabilidade na nutrição aviária. Resíduos de cervejaria, como o bagaço de cerveja (levedura de cerveja e grãos), apresentam alto valor nutricional, sendo ricos em proteínas, fibras e vitaminas do complexo B, o que lhes confere potencial para a alimentação de aves (Alagawany *et al.*, 2021).

No entanto, sua alta umidade exige processos de secagem, e a presença de fatores antinutricionais pode comprometer a digestibilidade. Apesar dessas limitações, estudos indicam que a otimização do processamento e a inclusão gradual em dietas têm demonstrado resultados promissores, principalmente para aves em fases de crescimento avançado e poedeiras.

Além dos resíduos de cervejaria, coprodutos do processamento de frutas, vegetais e oleaginosas também estão em investigação. O grande desafio reside na variabilidade de sua

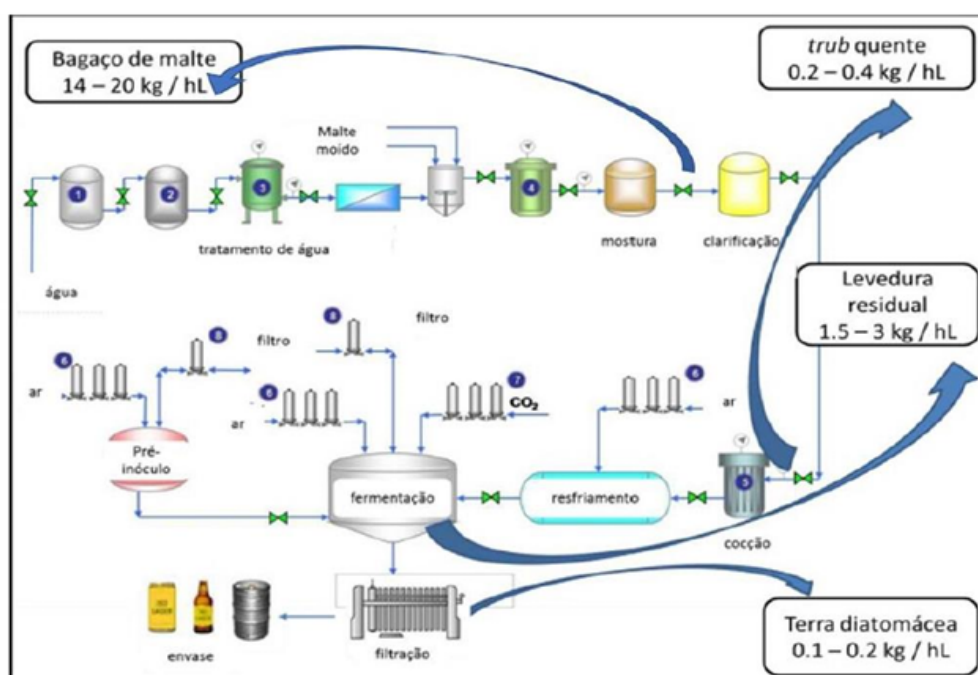
composição, exigindo análises nutricionais rigorosas e ajustes cuidadosos na formulação da ração para evitar desequilíbrios e garantir o desempenho zootécnico (Heuzé & Tran, 2018).

A utilização de coprodutos oriundos de diversas indústrias, como a alimentícia, agrícola e de biocombustíveis, é uma estratégia crucial para promover a economia circular e otimizar recursos na produção avícola. Essa abordagem não apenas transforma resíduos em ingredientes nutritivos, mas também reduz a dependência de insumos convencionais, como milho e soja, que estão sujeitos à volatilidade de preços e preocupações ambientais (Gomes *et al.*, 2021). Ao incorporar esses ingredientes alternativos, a avicultura pode avançar em direção a uma produção mais eficiente e sustentável.

Resíduos da Indústria Cervejeira

Durante o processo de fabricação da cerveja (Figura 1), são gerados 3 principais resíduos: o bagaço de malte, o *trub* quente e a levedura residual. Esses resíduos não são reaproveitados pela indústria cervejeira e podem causar significativos impactos ambientais. O bagaço de cerveja (composto por grãos de malte gastos, levedura e lúpulo), por exemplo, é um coproduto abundante, rico em proteínas, fibras e vitaminas do complexo B, apresentando grande potencial como fonte de nutrientes para aves (Alagawany *et al.*, 2021; Heuzé & Tran, 2018).

Figura 1. Processo de produção de cerveja e geração de resíduos



Fonte adaptado de: TESSER, 2020.

Estudos têm investigado o impacto da inclusão de bagaço de cerveja na dieta de aves. Por exemplo, Alagawany *et al.* (2021) demonstraram que a levedura de cerveja, um componente do bagaço, pode ser incluída na dieta de poedeiras em níveis de até 2% sem efeitos adversos na produção de ovos e na qualidade, e até melhorando a digestibilidade dos nutrientes. No entanto, o uso do bagaço integral é limitado pela alta umidade (geralmente acima de 70% na sua forma fresca), o que exige processos de secagem caros e energointensivos (Heuzé & Tran, 2018).

Além disso, a alta concentração de fibra e a presença de fatores antinutricionais (como beta-glucanos em algumas variedades) podem afetar a digestibilidade e o desempenho, especialmente em aves jovens com sistema digestório menos desenvolvido. A otimização do processamento, como a extrusão ou fermentação, e a inclusão gradual em dietas têm demonstrado resultados promissores, principalmente para aves em fases de crescimento mais avançado ou poedeiras, que possuem maior capacidade de digerir fibras (Alagawany *et al.*, 2021). Dessa forma, a superação desses desafios por meio de estratégias de processamento e manejo dietético é crucial para maximizar o aproveitamento desses ingredientes e garantir os benefícios esperados na nutrição avícola.

Farinhas de Insetos

Historicamente é relatado que as aves têm o hábito natural de se alimentar de insetos, assim, a entomofagia pode representar mais de 30% de toda a alimentação ingerida por estes animais (Makkar *et al.* 2014). Estudos anteriores evidenciaram o fornecimento de inseto na forma viva (fresca), seca ou pastosa nas dietas de aves (Khan, 2018; Elahi *et al.* 2020). Essa predileção natural e a versatilidade nas formas de apresentação dos insetos reforçam o seu potencial como ingrediente viável e nutricionalmente adequado para a avicultura moderna, alinhando-se aos instintos alimentares das aves e às necessidades de formulação de rações.

A utilização de farinhas de insetos tem emergido como uma alternativa promissora e sustentável para substituir fontes proteicas convencionais, como a farinha de peixe e a farinha de soja. A depender da espécie do inseto utilizado o teor de proteína presente nas farinhas podem variar entre 35% e 68%, quando empregadas tecnologias de redução da umidade e secagem, podendo alcançar de 50 a 80% em peso seco, contendo ainda teores médios entre 13% e 50% de lipídeos (Oliveira *et al.* 2020). Espécies como a larva da mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) e o tenébrio (*Tenebrio molitor*) que são mais utilizados como alternativas se destacam por seu alto teor de proteína bruta (variando de 40% a 60%), bom perfil de aminoácidos essenciais e conteúdo lipídico energético (Barroso *et al.*, 2019; Biasato *et al.*, 2022).

A criação de insetos é vista como mais sustentável, pois requer menos terra, água e emite menos gases de efeito estufa em comparação com a produção de outras fontes proteicas (Vogel *et al.*, 2019). No entanto, desafios como a padronização da composição nutricional (que pode variar com a dieta do inseto), a aceitabilidade pelas aves em altas inclusões e a legislação regulatória ainda precisam ser superados para a sua ampla adoção comercial (Gasco *et al.*, 2019).

Pesquisas recentes investigam os efeitos das farinhas de insetos na saúde intestinal, imunidade e qualidade da carne de frangos de corte e poedeiras, apresentando resultados geralmente positivos. No entanto, há necessidade de estudos aprofundados para determinar os níveis ótimos de inclusão e compreender melhor as interações com outros ingredientes (Husein & Al-Nasr, 2021; Al-Qaisi *et al.*, 2022). Além disso, a presença de quitina, componente estrutural encontrado nos insetos, pode beneficiar o sistema imune inato das aves, contribuindo para uma melhor resposta imunológica (Benzertiha *et al.*, 2019). A ideia de que a inclusão de quitina nas dietas avícolas não se trata apenas do fornecimento de nutrientes, mas também de seu impacto significativo nos mecanismos de defesa naturais das aves. Isso torna as farinhas de insetos ainda mais atraentes como um ingrediente alternativo sustentável e promotor da saúde na alimentação avícola.

Microalgas

As microalgas, organismos fotossintéticos microscópicos de rápido crescimento, representam uma fonte promissora e sustentável de nutrientes na formulação de rações aviárias. Espécies como *Arthrospira platensis* (anteriormente conhecida como *Spirulina platensis*) e *Chlorella vulgaris* são particularmente destacadas por seu perfil nutricional superior. Elas são ricas em proteína de alta qualidade (com teores que podem variar de 40% a 70% da matéria seca, dependendo da espécie e das condições de cultivo), com um bom balanço de aminoácidos essenciais (Khan *et al.*, 2018; Yaakob *et al.*, 2021).

Além da proteína, as microalgas são excelentes fontes de ácidos graxos essenciais, incluindo ácidos graxos poli-insaturados da série ômega-3 (DHA e EPA), que são cruciais para a saúde e o desempenho das aves, e para a qualidade dos produtos avícolas (Ambrosio *et al.*, 2020; Yeganeh *et al.*, 2020).

Adicionalmente, esses microrganismos são uma excelente fonte de vitaminas (especialmente do complexo B, vitamina E e carotenoides como beta-caroteno e astaxantina), minerais (ferro, cálcio, magnésio) e pigmentos naturais (ficocianina, clorofila), que contribuem para a coloração da gema do ovo e da pele das aves, além de possuírem propriedades antioxidantes e

imunomoduladoras (Kang *et al.*, 2020; Zulkifli *et al.*, 2019). Cujo pode ser um atrativo bastante explorado para a indústria alimentícia.

O cultivo de microalgas apresenta vantagens significativas do ponto de vista da sustentabilidade. Diferentemente das culturas agrícolas convencionais, elas não competem por terras aráveis e requerem significativamente menos água doce, podendo ser cultivadas em sistemas de bioreatores fechados ou lagoas abertas, inclusive em águas residuais, o que contribui para a circularidade da produção (Ambrosio *et al.*, 2020). Essa flexibilidade de cultivo, aliada à sua alta produtividade e capacidade de bioremediação, posiciona as microalgas como uma alternativa promissora e ecologicamente responsável para a produção de ingredientes em diversas indústrias, incluindo a avicultura.

Em estudos com frangos de corte, a inclusão de biomassa de microalgas tem demonstrado resultados positivos no desempenho produtivo, com melhorias na conversão alimentar e no ganho de peso, além de fortalecer a resposta imunológica das aves e a qualidade da carne (e.g., menor oxidação lipídica, melhor perfil de ácidos graxos) (Kang *et al.*, 2020; Zulkifli *et al.*, 2019). Para poedeiras, a suplementação com microalgas pode enriquecer os ovos com ômega-3, aumentando seu valor nutricional para o consumo humano, além de melhorar a qualidade da gema e o sistema imune das aves (Yeganeh *et al.*, 2020; Ghasemi *et al.*, 2017). Esses múltiplos benefícios demonstram o potencial das microalgas não só para otimizar a saúde e o desempenho animal, mas também para agregar valor nutricional aos produtos avícolas, alinhando-se às crescentes demandas dos consumidores por alimentos mais saudáveis e produzidos de forma sustentável.

Perspectivas Futuras e Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Apesar dos avanços observados na formulação de rações aviárias com foco em sustentabilidade e inovação, ainda há lacunas que demandam aprofundamento científico. A variabilidade nutricional de ingredientes alternativos, como coprodutos agroindustriais, farinhas de insetos e biomassa de microalgas, requer pesquisas contínuas para garantir segurança, padronização e viabilidade econômica. Além disso, os efeitos de longo prazo desses ingredientes na saúde animal, no desempenho zootécnico e na qualidade dos produtos avícolas ainda precisam ser mais bem compreendidos em diferentes contextos produtivos e ambientais.

A agenda internacional para o desenvolvimento sustentável, liderada pela Organização das Nações Unidas (ONU), oferece um norte claro para as ações futuras do setor agropecuário. Especificamente, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) — como o ODS 2 (Fome

Zero e Agricultura Sustentável), o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) — reforçam a importância de adotar práticas que reduzam o impacto ambiental, promovam a segurança alimentar e estimulem o uso eficiente dos recursos naturais (ONU, 2015). A pesquisa e a adoção de ingredientes alternativos na nutrição aviária se alinham diretamente a esses objetivos, ao contribuírem para a economia circular, a valorização de resíduos e a redução das emissões de carbono da cadeia produtiva. No entanto, para que essas tecnologias sejam amplamente incorporadas aos sistemas de produção, são necessárias políticas públicas de incentivo à inovação, investimentos em infraestrutura e regulamentações específicas que favoreçam a utilização segura e eficaz desses insumos.

Portanto, o fortalecimento da cooperação entre universidades, centros de pesquisa, setor produtivo e instituições governamentais será essencial para viabilizar soluções técnicas que respondam aos desafios globais de forma integrada e sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda global por proteína animal exige estratégias inovadoras e sustentáveis na formulação de rações aviárias. O uso de ingredientes alternativos, como coprodutos agroindustriais, farinhas de insetos e microalgas, apresenta soluções promissoras, permitindo reduzir a dependência de insumos convencionais e minimizar impactos ambientais.

Os estudos revisados demonstram que esses ingredientes possuem alto valor nutricional, podendo contribuir para a saúde intestinal das aves, a qualidade dos produtos avícolas e a eficiência produtiva. No entanto, desafios como custo de processamento, variação na composição nutricional e regulamentação ainda precisam ser superados para a sua ampla adoção comercial.

A implementação dessas alternativas na nutrição aviária não apenas favorece uma produção mais sustentável e resiliente, mas também alinha a avicultura às exigências do mercado e às preocupações ambientais globais. Assim, futuras pesquisas devem focar na otimização dos processos, na avaliação econômica e na aceitação dos consumidores, visando consolidar esses insumos como pilares da nutrição aviária moderna. *Dada a relevância e a crescente atualidade do tema, e considerando as lacunas e desafios identificados, sugere-se que futuras investigações adotem uma abordagem de revisão sistemática e metanálise, a fim de consolidar as evidências científicas e oferecer uma base ainda mais robusta para a tomada de decisões no setor avícola.*

REFERÊNCIAS

- Alagawany, M., El-Saadony, F. M., El-Rayes, M. A., Abd El-Hack, M. E., Al-Araby, H. A., Taha, A. E., & Abd El-Hamid, M. S. (2021). The effect of brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a feed additive on performance, egg quality, nutrients digestibility, and gut morphology of laying hens. *Poultry Science*, 100(11), 101438.
- AMBROSIO, M., RIBEIRO, M. S., & BANDARRA, N. M. (2020). Microalgae as a sustainable protein source for animal feed. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123281.
- BARROSO, F. G., et al. (2019). Insects as food and feed: current knowledge and future perspectives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(10), 4567-4574.
- BIASATO, I., et al. (2022). Black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a sustainable protein source in poultry feed: A review. *Animals*, 12(1), 81.
- COSMO, B. M. N. E.; GALERIANI, T. M. Minerais na alimentação animal. *Revista Agronomia Brasileira*, v. 4, n. 1, 2020.
- EL-SABROUT, K.; KHALIFAH, A.; MISHRA, B. Application of botanical products as nutraceutical feed additives for improving poultry health and production. *Veterinary World*, v. 16, n. 2, p. 369, 2023.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The future of food and agriculture – Trends and challenges**. Rome: FAO, 2017.
- GASCO, L., et al. (2019). Insect meals in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 258, 114316.
- GHASEMI, B., et al. (2017). Effect of dietary *Chlorella vulgaris* on performance, egg quality, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science Journal*, 73(1), 1-8.
- GOMES, L. E., et al. (2021). Desafios da produção de grãos e oleaginosas para a alimentação animal no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, e20200271.
- GONÇALVES, L. C., et al. (2017). Current trends and future challenges in poultry nutrition. *Poultry Science Journal*, 73(2), 205-218.
- HEUZÉ, V., & TRAN, G. (2018). *Spent brewery grains*. Feedipedia, a programme by INRAE, CIRAD, AFZ and FAO. Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/702> (Acessado em: 22 de maio de 2025).
- HUSEIN, A., & AL-NASR, A. (2021). Effect of insect meal as a protein source in broiler diets on growth performance, carcass characteristics, and meat quality. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 105(6), 1081-1090.
- Kang, K. H., et al. (2020). Effects of dietary *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) on growth performance, immune response, and meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 99(5), 2517-2525.

KHAN, M. I., et al. (2018). Microalgae as a sustainable source of nutrients for animal feed: A review. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1019-1032.

KOGUT, M. H., & Arsenault, R. J. (2016). Gut health in poultry: Novel approaches to improve nutrient utilization and reduce pathogen colonization. *Frontiers in Veterinary Science*, 3, 21.

MDPI. (2024). *The Effects of Replacing Soybean Meal with Chlorella vulgaris in Laying Hen Diets on Performance and Physical Characteristics of Eggs*. *Animals*, 14(17), 2552. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/14/17/2552> (Acessado em: 22 de maio de 2025).

Organização das Nações Unidas – ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs> (Acessado em 07 de Junho de 2025).

SALGADO, E., et al. (2020). Precision feeding in poultry: Current status and future perspectives. *Animal Feed Science and Technology*, 268, 114631.

SANJARI, S., et al. (2018). Microalgae: A novel sustainable protein source for animal feed. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 1-10.

VOGEL, H., et al. (2019). Environmental impact of insect production for food and feed. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117762.

YAAKOB, N. H., et al. (2021). A comprehensive review on the nutritional and beneficial properties of microalgae for poultry feed. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 12(1), 1-12.

YEGANEH, S., et al. (2020). The effect of dietary microalgae (*Chlorella vulgaris*) on performance, egg quality, and fatty acid profile in laying hens. *Poultry Science*, 99(11), 5988-5995.

Zulkifli, S. N., et al. (2019). Effects of dietary *Spirulina platensis* on growth performance, carcass characteristics, and immune response of broiler chickens. *Poultry Science Journal*, 75(3), 309-318.