

Levantamento de aspectos e impactos ambientais na avicultura de corte: uma revisão sistemática da literatura

Bruno Souza Fonseca¹ e Hygor Aristides Victor Rossoni²

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. Campus Bambuí. Fazenda Varginha. Rodovia Bambuí/Medeiros, km 05. Caixa Postal 05. Bambuí-MG, Brasil (CEP 38900-000). E-mail: brunosfcajuru@gmail.com.

²Universidade Federal de Viçosa. Campus Florestal. Rodovia LMG 818, km 06, S/Nº. Campus Universitário. Florestal-MG, Brasil (CEP 35690-000).

Resumo. A avicultura é uma atividade essencial à produção de proteína animal para a população mundial. Com um consumo *per capita* de 45,56 kg/hab, o Brasil como terceiro maior produtor e primeiro exportador de carne de frango é destaque internacional e tem visto a atividade ampliar a presença em todo território nacional. Por outro lado, mesmo o regime intensivo de criação de frangos de corte sendo de alta eficiência e promover ações de proteção ambiental do meio ambiente, os impactos da atividade existem e crescem à medida que a avicultura se expande, justificando a importância de estudos que avaliem os aspectos e impactos gerados, métodos de mitigação ou medidas corretivas. Por meio de uma revisão sistemática de literatura seguindo a metodologia dos Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), utilizando a plataforma *Web of Science*, *Science Direct* e Periódicos Capes, o presente trabalho objetivou analisar artigos que abordassem os impactos ambientais da atividade da avicultura. Utilizando os termos em português “produção de frangos” e “impactos ambientais” e em inglês “poultry production” e “environmental impacts” resultou em 2.040 artigos para análise. Dessa forma foram aplicados critérios de inclusão e de exclusão restando 20 artigos para discussão na presente revisão. Como forma de abordar também resultados práticos do setor e garantir maior robustez, foram inseridas também duas obras técnicas. Os artigos analisados abordam metodologias e fases distintas da atividade. A extensa quantidade de variáveis envolvidas na produção de frangos mostra que ainda não se encontrou uma metodologia padrão de avaliação de impactos ambientais que consiga ser aplicada em toda a atividade. É consenso no meio científico que a etapa de produção de ração é a mais impactante, porém a emissão de amônia e os resíduos sólidos provenientes da atividade são os mais preocupantes na fase da criação das aves. A destinação final dos dejetos das aves e alguns métodos de tratamento para sua utilização como fertilizante são apontados como forma de

Recebido
15/06/2022

Aceito
21/12/2022

Publicado
31/12/2022



Acesso aberto



ORCID

ID 0000-0001-5724-2594

Bruno Souza Fonseca

ID 0000-0002-6088-6144

Hygor Aristides Victor Rossoni

compensação ambiental pelos impactos gerados pela atividade. A utilização de tecnologias como redes de sensores aliadas a equipamentos automatizados pode melhorar a eficiência ambiental e zootécnica da atividade. A utilização de lâmpadas LED e autogeração de energia por meio de usinas fotovoltaicas é diferencial que garante redução no impacto energético causado pelo setor. A produção científica abordando os aspectos e impactos ambientais da avicultura de corte ainda são escassas, ainda mais se considerado a relevância da atividade para a economia brasileira e alimentação mundial. A sustentabilidade do setor ainda precisa de maiores pesquisas e até mesmo desenvolvimento de metodologias práticas e aplicáveis para redução e mitigação dos impactos gerados por ele.

Palavras-chave: Criação de frangos; Cama de frango; Energia solar fotovoltaica; PRISMA.

Abstract. *Survey of environmental aspects and impacts in poultry farming: A systematic review of the literature.* Poultry farming is an essential activity to produce animal protein for the world population. With a per capita consumption of 45.56 kg/hab, Brazil as the third largest producer and first exporter of chicken meat is an international highlight and has seen the activity expand its presence throughout the national territory. On the other hand, even though the intensive regime of raising broilers is highly efficient and promotes environmental and environmental protection actions, the impacts of the activity exist and grow as the poultry industry expands, justifying the importance of studies that evaluate the aspects and impacts generated, mitigation methods or corrective measures. Through a systematic literature review following the methodology of the Main Items for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analysis (PRISMA), using the Web of Science platform, Science Direct and Capes Periodicals, the present work aimed to analyze articles that addressed the environmental impacts of poultry activity. Using the Portuguese terms “produção de frangos” and “impactos ambientais” and in English “poultry production” and “environmental impacts” resulted in 2,040 articles for analysis. discussion in the present review. To also approach practical results of the sector and guarantee greater robustness, two technical works were also inserted. The analyzed articles address methodologies and different phases of the activity. a standard methodology for assessing environmental impacts was found that can be applied throughout the activity. There is a consensus in the scientific community that the feed production stage is the most impactful, but the emission of ammonia and solid waste from the activity are the most worrisome in the poultry rearing phase. The destination of bird droppings and some treatment methods for its use as a fertilizer are indicated as a form of environmental compensation for the impacts generated by the activity. The use of technologies such as sensor networks combined with automated equipment can improve the environmental and

zootechnical efficiency of the activity. The use of LED lamps and self-generation of energy through photovoltaic plants are differentials that guarantee a reduction in the energy impact caused by the sector. Scientific production addressing the environmental aspects and impacts of poultry farming are still scarce, especially considering the relevance of the activity to the Brazilian economy and world food. The sector's sustainability still needs further research and even the development of practical and applicable methodologies to reduce and mitigate the impacts generated by it.

Keywords: Chicken farming; Poultry litter; Photovoltaic solar energy; PRISMA.

Introdução

Segundo Reck e Schultz (2016), a avicultura de corte é uma cadeia de suprimentos no setor agroindustrial de grande significância, com investimentos tecnológicos e de capital expressivos, além da geração considerável de empregos. Em virtude do rápido ciclo produtivo, com abate das aves com 42 dias de vida em média, a carne de frango, possui vantagem competitiva, permite a verticalização da estrutura organizacional e é uma proteína animal de baixo custo, quando comparados a outros setores do agronegócio, atraindo consumidores de diferentes classes sociais.

No cenário de produção agrícola e animais de corte, o setor da avicultura apresenta crescimento recorrente desde 2018. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2022), o consumo de carne de frango em 2021 foi 45,56 kg/habitante, 290 g a mais que no levantamento realizado em 2020. Já as exportações de carne de frango brasileira saltaram de 4.231 mil toneladas em 2020 para 4.610 mil tonelada em 2021, um crescimento de aproximadamente 8,96% que proporcionou ao mercado nacional uma receita de U\$S 7.664.000.000. Araújo e Ribeiro (2014) elencam que o Brasil alçou a condição de maior exportador mundial de carne de frango e terceiro maior produtor, atrás somente dos Estados Unidos e China.

Ainda de acordo com Araújo e Ribeiro (2014), com o rearranjo comercial após a retração das atividades econômicas nos países capitalistas em 2008 e a busca pela China por novos fornecedores, o Brasil, como terceiro maior produtor de frango foi deslocado para o epicentro desse processo global. Como resultado dessa grande modificação comercial e econômica, profundas transformações na estrutura avícola do país ocorrem com o intuito de torná-la flexível, elevar taxas de lucro e reduzir custos.

De acordo com Garcês et al. (2013), com o aumento da produção de frangos do corte eleva-se também a geração de resíduos gerados pela atividade. Os resíduos provenientes da avicultura caracterizam-se predominantemente pela geração de dejetos, também chamados de cama de frango. Seu manejo e descarte tem se tornado uma grande preocupação pelos avicultores, indústria e o público em geral devido à crescente preocupação com o meio ambiente.

Oliveira e Biazoto (2012) elencam que as questões ambientais relacionadas a atividade avícola tomam uma importância ainda maior devido aos vários atores dessa cadeia, principalmente os consumidores internacionais, que exigem um desenvolvimento produtivo com qualidade nutricional e ambiental. Ainda de acordo com os autores, essas questões ambientais, até alguns anos atrás, não eram consideradas pelos produtores rurais na criação avícola, entretanto, passaram a ser integrante do manejo no dia a dia.

Além das questões comerciais, e exigências dos consumidores, é inegável que a necessidade e preocupação com os impactos ambientais vem se tornando cada dia mais eminentes. Com o aumento da carência mundial por proteína animal e consequente crescimento da avicultura no Brasil a necessidade de se atentar para os impactos provocados pela atividade carece de atenção constante.

De acordo com Krabbe e Silva (2016), a necessidade de tornar as atividades agropecuárias cada vez mais sustentáveis é evidente, e essa já se mostra uma tendência mundial, frente à conscientização a respeito do meio ambiente e do uso racional dos recursos naturais. A posição de destaque da avicultura na economia do Brasil faz com que sejam necessários a realização de estudos e investimentos para torná-la mais sustentável.

Como forma de compreender os impactos gerados pela atividade, a presente revisão sistemática da literaturabusca analisar as contribuições científicas da última década no levantamento dos aspectos e impactos ambientais provenientes da criação de frangos de corte.

Material e métodos

A partir da definição dos objetivos descritos, foram realizadas buscas de artigos que abordam os aspectos e impactos ambientais provocados pelaprodução de frangos de corte. Devido à grande utilização e relevância no meio acadêmico e científico, por ser base multidisciplinar com os periódicos mais citados de cada área e um índice de citações, a plataforma *Web of Science* (<https://www.webofscience.com>) foi escolhida para a busca. Para alcançar mais resultados e garantir maior robustez à revisão foram realizadas buscas também nas plataformas *Science Direct* (<https://www.sciencedirect.com>) e Periódicos CAPES (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br>).

Como forma de se alcançar o maior número de artigosforamselecionadas todas as bases de dados internasda plataforma *Web of Science* para fonte de busca. Os resultados foram oriundos das bases de dados da coleção principal da própria *Web of Science*, SciELO Citation Index (<https://www.scielo.br>) e Korean Journal Database (KCI) (<https://www.kci.go.kr/kciportal/main.kci>). Além dos resultados obtidos nas plataformas, como forma de angariar resultados mais robustos e práticos, foi incluído na revisão uma produção e uma nota técnica da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Suínos e Aves).

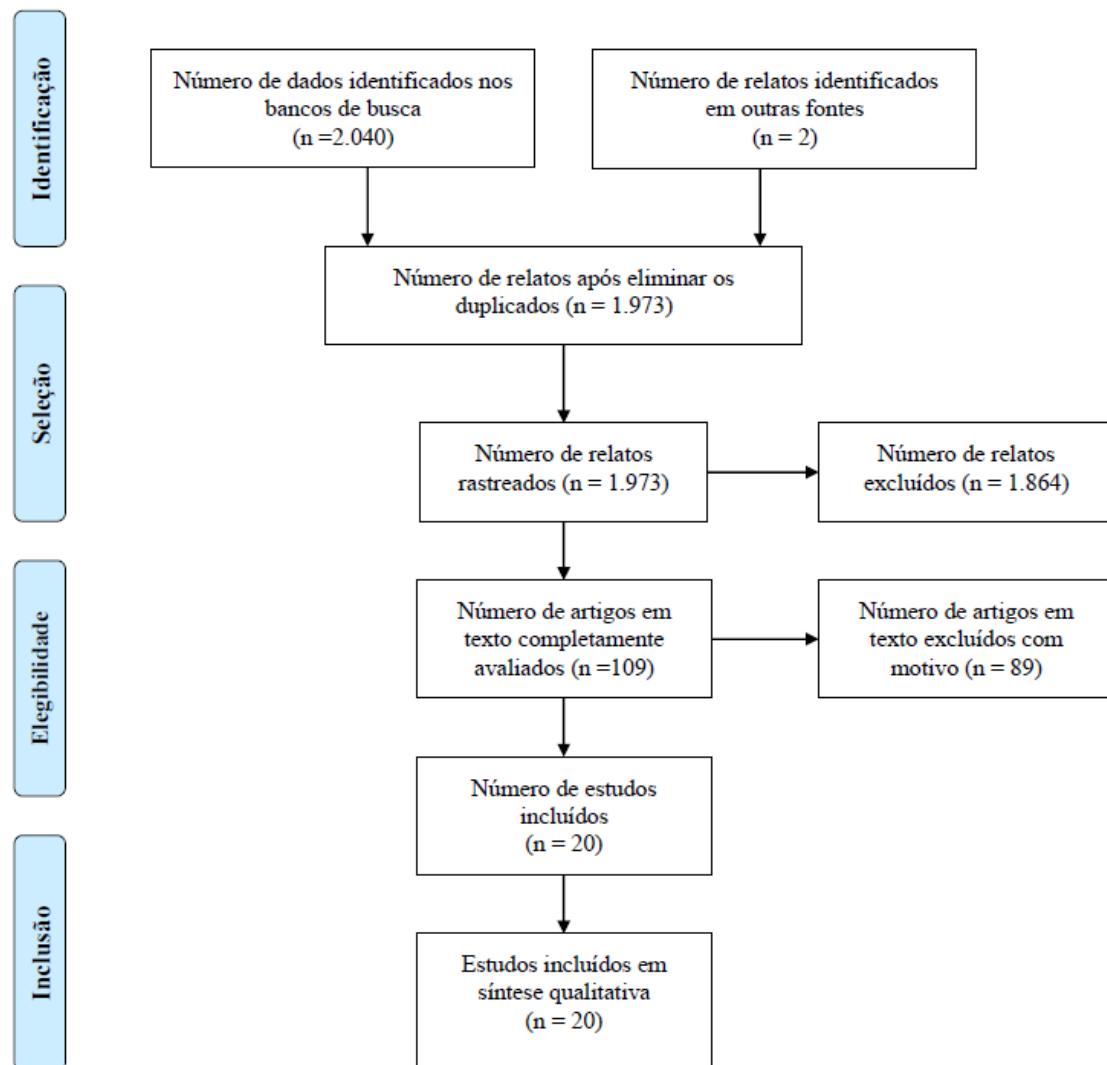
As palavras-chave utilizadas nas bases de busca e os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 1. Como forma de obtenção de dados científicos atualizados foram selecionados somente os artigos e publicados nos últimos 10 anos (2012 a 2022) e revisados por pares, excluindo assim a literatura considerada cinzenta.

Inicialmente foi utilizado como busca os termos “frangos” AND “impactos ambientais” e “poultry” AND “environmental impacts”. Como o resultado encontrado de 13.238 artigos foi consideradoamplio e contendoartigos fora do objetivo principal foi desprezada a busca inicial e realizada nova busca com os termos “produção de frangos” AND “impactos ambientais” e “poultry production” AND “environmental impacts” resultando em 2.040 artigos para análise.

O processo de seleção dos artigos para produção deste trabalho seguiu as diretrizes propostas no fluxograma de análise das diferentes fases de elaboração de uma revisão sistemática. A Figura 1 apresenta o fluxograma de Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-Análises (PRISMA), conforme modelo proposto Moher et al. (2009), contendo o fluxo de retornos das fases de elaboração e seleção dos artigos utilizados na presente revisão.

Tabela 1. Palavras chaves utilizadas e resultados obtidos.

Palavras-chave (português e inglês)	Quantidade de artigos - <i>Web of Science</i>	Quantidade de artigos - <i>Science Direct</i>	Quantidade de artigos - Periódicos CAPES
“frangos” AND “impactos ambientais”	1	0	50
“poultry” AND “environmental impacts”	1.972	5.881	5.334
Total preliminary	13.238		
“produção de frangos” AND “impactos ambientais”	1	0	3
“poultry production” AND “environmental impacts”	1.039	422	575
Total	2.040		

**Figura 1.** Fluxo da informação em relação às diferentes fases da revisão sistemática de literatura.
Fonte: Modificado de Moher et al. (2009).

Os artigos retornados foram exportados no modelo de formatação bibliográfica *BibTex* para o *software START* (2017). A ferramenta de código livre desenvolvida no laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software da UFSCar foi utilizada para auxiliar na identificação, exclusão e seleção final dos artigos obtidos inicialmente pelas buscas nas bases de dados do *Web of Science*, *Science Direct* e Periódicos CAPES. Para o processo de sistematização de dados dos artigos selecionados primeiramente foram excluídos os artigos duplicados (69), e aplicados os critérios de inclusão ou exclusão que podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2. Critérios de seleção de estudos.

Inclusão	Exclusão
Aborda os impactos ambientais na avicultura	Não apresenta texto completo disponível.
Aborda avicultura intensiva de corte	Não apresenta resumo.
Escrito em português e inglês.	Não aborda a avicultura de corte intensiva Literatura cinzenta Artigo não publicado em periódico

Com a leitura dos títulos, palavras-chave e resumos e dos artigos selecionados, somente 20 atenderam aos critérios de inclusão e exclusão aplicados. Posterior a essa classificação, os artigos foram lidos na íntegra e passaram pelos critérios qualitativos para sumarização.

A estratégia de sumarização dos artigos incluídos para revisão consistiu na avaliação qualitativa da aplicação prática, detalhamento metodológico do artigo e na classificação do periódico de publicação segundo a CAPES igual ou superior a B2 na classificação unificada (2019) e/ou nas Áreas Ciências Ambientais ou Interdisciplinar (2013/2016) do Qualis/CAPES da Plataforma Sucupira. Após a sumarização dos relatos resultou-se então em 20 artigos a serem discutidos neste trabalho.

Resultados e discussão

Após a aplicação dos critérios qualitativos e sumarização dos resultados chegou-se aos 20 artigos que podem ser observados na Tabela 3 e que serão discutidos no presente trabalho.

Segundo Constantini et al. (2021) e Leinonen e Kyriazakis (2016), os sistemas avícolas são reconhecidos na cadeia de produção pecuária como ecologicamente corretos devido à alta eficiência, ou seja, baixo uso de recursos e baixas emissões por unidade de produto em relação a outras atividades pecuárias, mas com redução do bem-estar animal.

Já Andretta et al. (2021) apontam que os levantamentos de impactos ambientais provenientes da avicultura ainda necessitam de grandes aprofundamentos nas mais diversas etapas da atividade, um ponto que merece grande destaque é o uso da água, que é muito pouco abordado.

De acordo com Palhares e Kunz (2017), os impactos quantitativos nos recursos hídricos estão intimamente ligados as medidas de manejo. Bebedouros, mangueiras e torneiras com vazamento, assim como a utilização de sistemas de climatização de forma inadequada, principalmente em dias de temperaturas mais altas, são exemplos que contribuem significativamente para um maior consumo hídrico. Outra fonte de aumento do consumo, mas que independe do manejo, é a formulação de rações com alto teor de sais fazendo aumentar o consumo de água pelas aves.

Tabela 3. Referências selecionadas para comporem a revisão sistemática.

Autoria	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Costantini et al. (2021)	Trends in Food Science & Technology	Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: A critical review.	Realizar uma revisão crítica ao estado da arte na aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (LCA em inglês) no setor avícola.	A1 2021	6	12,563
Leinonen e Kyriazakis (2016)	Proceedings of the Nutrition Society	How can we improve the environmental sustainability of poultry production?	Apresentar os resultados de estudos recentes de avaliação do ciclo de vida com o objetivo de quantificar e melhorar o desempenho ambiental dos sistemas de produção de aves do Reino Unido, incluindo a produção de carne de frango, ovos e carne de peru.	A1 ¹ 2016	26	6,297
Andretta et al. (2021)	Frontiers in Veterinary Science	Environmental impacts of pig and poultry production: Insights from a systematic review	Resumir, analisar e comparar estudos que utilizaram a Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) para avaliar os impactos ambientais associados aos sistemas de produção de suínos e aves.	A1 2021	1	3,412
Lima et al. (2019)	Journal of Cleaner Production	Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment.	Avaliar o impacto ambiental do processo de produção de frangos de corte utilizando a abordagem Avaliação do Ciclo de Vida (LCA).	A1 2019	12	9,297

Tabela 3. Continuação.

Autoria	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Kumar e Patyal (2020)	Exploratory Animal and Medical Research	Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies	Analisa os impactos ambientais e na saúde humana da produção intensiva de aves e estratégias técnicas para mitigar esses problemas.	N.E. 2020	1	?
Leinonen et al. (2012)	Poultry Science	Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems	Aplicar o método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA), do berço ao portão, para quantificar as cargas ambientais por 1.000 kg de peso esperado de carcaça comestível nos 3 principais sistemas de produção de frangos de corte no Reino Unido.	A1 2012	113	3,352
Silva et al. (2014)	Journal of Environmental Management	Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach	Comparar as cargas ambientais de dois sistemas de produção de frangos de corte no Brasil e dois na França pelo método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA).	A1 2014	63	6,789
González-García et al. (2014)	Journal of Cleaner Production	Life Cycle Assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study	Realizar uma avaliação ambiental do ciclo de vida da produção de frangos de corte da perspectiva do berço ao abatedouro, para identificar os pontos críticos ambientais do sistema.	A1 2014	58	9,297

Tabela 3. Continuação.

Autoria	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Thévenot et al. (2013)	Journal of Cleaner Production	Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies—the case of poultry production in a tropical island	Examinar o interesse de incluir uma tipologia de fazenda na LCA para melhorar a confiabilidade dos resultados dos estudos de Avaliação do Ciclo de Vida.	A1 2013	16	9,297
Martinelli et al. (2020)	Sustainable Production and Consumption	Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: an approach using Life Cycle Assessment and economic value added	Avaliar a ecoeficiência dos sistemas de produção avícola com pressão positiva, <i>darkhouse</i> e sistemas orgânicos, na região Sul do Brasil.	A1 2020	10	5,032
Odales-Bernal et al. (2020)	Journal of Chemical Technology and Biotechnology	Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development	Propor caminhos sustentáveis para maximizar o processo de valorização da cama de frango e expor as vantagens de reformar granjas avícolas em biorrefinarias em Cuba.	A3 2020	3	3,174
Li et al. (2022)	Renewable & Sustainable Energy Reviews	Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions	Identificar insights de pesquisas de energia zero líquida residenciais e comerciais que possam ser aplicados na concepção de aviários.	A1 2022	1	14,982

Tabela 3. Continuação.

Autoria	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Collatto et al. (2017)	Brazilian Journal of Poultry Science	Multi-criteria analysis to prioritize energy sources for ambience in poultry production	Delinear um modelo de análise multicritério para identificar a fonte de energia mais adequada para aquecimento de aviários na produção de frangos de corte do ponto de vista do agricultor e sob a lógica ambiental.	B1 2017	2	0,826
Lima et al. (2015)	Scientia Agricola	Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems	Estimar as emissões de amônia da cama de frango em dois sistemas de ventilação forçada, a ventilação em túnel (TV) e o <i>darkhouse</i> (DH).	A2 2015	7	2,137
Jiang et al. (2021)	Biogeosciences	A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming	Desenvolver um modelo e aplicá-lo em escala global, para produzir melhores estimativas de emissão de NH ₃ sob a influência de vários fatores meteorológicos e estimar as emissões totais de NH ₃ e sua distribuição para o cenário atual e futuro na avicultura global.	A1 2021	5	4,295
Crippen et al. (2016)	Science of the Total Environment	Poultry litter and the environment: Physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition	Determinar o nível de poluentes na cama de frango e no solo subjacente dentro de uma instalação de produção; e explorar o impacto da deposição de lixo no ambiente.	A1 2016	9	7,963

Tabela 3. Continuação.

Autoria	Periódico	Título	Objetivo	Classificação e ano da publicação	Citações	Fator de impacto (2020)
Ro et al. (2017)	Journal of Environmental Quality	Ammonia and nitrous oxide emissions from broiler houses with downtime windrowed litter	Comparar quantitativamente as emissões de NH ₃ e N ₂ O de aviários com e sem enleiramento interno.	A2 2017	5	2,751
Seidavi et al. (2019)	Worlds Poultry Science Journal	Present and potential impacts of waste from poultry production on the environment	Examinar o impacto e a utilização de resíduos da produção avícola.	A3 2019	9	2,915
Krabbe et al. (2016)	EMBRAPA	Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM	Apresentar os resultados obtidos no projeto TEC-DAM e as atividades de exposição e demonstração de equipamentos e tecnologias para o tratamento de carcaças de animais mortos.	N.A. 2016	-	N.A.
Palhares e Kunz (2011)	EMBRAPA	Manejo ambiental na Avicultura	Apontar medidas de manejo para redução dos impactos ambientais da avicultura.	N.A. 2011	15	N.A.

¹Avaliação de acordo com o Qualis/CAPES (2013/2016); N.E.: Não encontrado; N.A.: Não aplicável.

De acordo com Martinelli et al. (2020), o impacto do consumo hídrico da avicultura está intimamente ligado a idade de abate das aves. Para os sistemas de criação *Dark House* e Pressão Positiva não houve diferença, sendo consumidos 2,5 litros/aves com abate aos 28 dias, 3,98 litros/ave quando abatidas aos 42 dias e 5,78 litros/ave com abate no 49º dia. Já para o sistema orgânico o consumo foi de 9,94 litros/ave abatidas com 71 dias.

Conforme destacado por Andretta et al. (2021), a dificuldade em se levantar os impactos ambientais da cadeia produtiva da avicultura está na grande variabilidade de informações onde um modelo de coleta de dados, por exemplo, não consegue abranger diferentes países, sequer uma mesma região. Mesmo em sistemas de integração com um maior nível de uniformidade se observa um desempenho diferente em cada produtor (para o mesmo tipo genético, com a mesma alimentação, e práticas de manejo semelhantes).

Conforme pode ser visto na Tabela 4, existe uma extensa variação de resultados obtidos também nos estudos de mensuração dos impactos ambientais pelo método de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA em inglês). A grande variação dos resultados pode ser exatamente pela consideração de certos aspectos de forma diferente por cada autor, assim

como distância entre o local de produção de ração, criação e abates das aves, metodologia de manejo e criação, dentre outros.

Ainda analisando a Tabela 4, é consenso entre Silva et al. (2014), Martinelli et al. (2020) e Leinonen et al. (2012) que o fator de manejo que mais impacta no sistema de produção de frangos de corte é a idade de abate. A taxa de conversão alimentar não apresentou variação entre os sistemas de criação *Dark House* e Pressão Positiva, mas foi muito maior no sistema orgânico, *Label Rouge* e frango solto. O consumo de ração levantado foi totalmente ligado a idade de abate. Para Martinelli et al. (2020), nos sistemas *Dark House* e Pressão Positiva a taxa de conversão alimentar foi de 1,4 kg de ração/kg de carne com abate aos 28 dias, 1,67 kg de ração/kg de carne quando abatidas aos 42 dias e 1,82 kg de ração/kg de carne com abate no 49º dia. Já para o sistema orgânico o consumo foi de 2,57 kg de ração/kg de carne abatida com 71 dias. A avaliação do potencial de acidificação do solo, eutrofização das águas e o potencial de mudança climática também foram maiores nos frangos com idade de abate superiores se comparado os resultados entre os autores. Já para o percentual da mortalidade das aves não foi possível estabelecer uma relação com a idade de abate, visto que depende de fatores mais complexos, como genética, manejo, alimentação e até mesmo a biosseguridade do aviário.

Tabela 4. Dados da avaliação do ciclo de vida.

Autoria	Local	Sistema de criação	Abate (dias)	Densidade alojada (aves/m ²)	Mortalidade (%)	Conversão alimentar (kg de ração/kg de carne)	Acidificação (kg SO ₂ eq.)	Eutrofização (kg PO ₄ eq.)	Potencial de mudança climática (kg CO ₂ eq.)	Unidade equivalente
Leinonen et al. (2012)	Reino Unido	Convencional	39	-	3,5	1,72	46,75	20,31	4410	Tonelada de carne esperada na porta da fazenda
	Reino Unido	Frango solto	58	-	4,7	2,18	59,73	24,26	5130	
	Reino Unido	Orgânico	73	-	5,1	2,65	91,55	48,82	5660	
Silva et al. (2014)	França	Convencional	40	22	4,1	1,87	28,7	13,8	2216	Tonelada de carne resfriada
	França	<i>Label Rouge</i>	89	10,9	3,1	3,09	47,2	19,3	2696	
	CO do Brasil	Larga Escala	42	15	4,2	1,89	31,4	14	2058	
	Sul do Brasil	Pequena Escala	42	11,7	4,4	1,86	34,5	14,4	1449	
Martinelli et al. (2020)	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	28	18	3	1,4	15	29	1334	Tonelada de frango vivo pronto para abate
	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	42	13	4	1,67	17	34	1488	
	Sul do Brasil	<i>Dark House</i>	49	12	4	1,82	18	35	1550	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	28	17	3	1,4	15	29	1335	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	42	13	4	1,67	16	33	1466	
	Sul do Brasil	Pressão Positiva	49	12	4	1,82	18	35	1556	
	Sul do Brasil	Orgânico	71	7,5	3	2,57	28	44	1620	

Fonte: Leinonen et al. (2012); Silva et al. (2014); Martinelli et al. (2020).

De forma análoga ao apontado na Tabela 4, Lima et al. (2019), comparando os resultados obtidos em seus estudos com a literatura, o sistema nacional de criação de frangos teve um potencial de aquecimento global inferior ao sistema convencional francês e superior ao sistema convencional do sul brasileiro. E afirmam que o resultado pode ser explicado pelo nível de tecnologia empregado nas instalações e suas demandas de energia elétrica para funcionamento e pela idade de abate (oito dias maior nos empreendimentos avaliados em seu trabalho que a média francesa), entretanto, a escala de produção não afetou os impactos, mas somente a intensidade.

Já Kumar e Patyal (2020) frisam que a avicultura pode poluir o ar com emissões de odores devido ao mau cheiro, atrair moscas, roedores e outros animais e insetos que podem criar incômodos locais e que podem ser fontes de doenças infecciosas como coccidioses e Salmoneloses. A emissão de odores está intimamente ligada a frequência de limpeza, temperatura, umidade e intensidade de areação da cama de frango. A poluição

das águas pode dár-se pela lixiviação e escoamento das substâncias presentes na cama quando não mais utilizada no aviário e lançada ao solo. Com alta concentração de nutrientes e sólidos totais em suspensão o material lixiviado resulta em demanda bioquímica de oxigênio elevada (DBO), e demanda química de oxigênio (DQO). As carcaças de aves podem ser fontes de doença e odores e contribuírem para a contaminação das águas, quando dispostas em áreas propensas a inundações. A poluição do solo pode ocorrer devido ao excesso de nutrientes lançados sobre ele afetando o pH e o crescimento de plantas. O manejo inadequado dos dejetos e o enterro de aves mortas podem resultar na poluição do solo com nutrientes, patógenos e metais pesados. A poluição sonora é elencada pelo barulho das aves, ventiladores ou exaustores, operações de entrada e saída, movimentação de caminhões e equipamentos de limpeza.

Para Leinonen e Kyriazakis (2016), os impactos ambientais da produção avícola podem ser originados basicamente de três fontes, sendo elas a produção de ração, uso direto de energia da fazenda e emissões da etapa de criação das aves e da gestão dos excrementos. Ainda de acordo com os autores os sistemas considerados intensivos possuem um menor consumo de energia para aquecimento quando comparado com aqueles de baixa densidade de aves por m².

De acordo com Thévenot et al. (2013), González-García et al. (2014), Silva et al. (2014), Leinonen e Kyriazakis (2016), Martinelli et al. (2020) e Constantini et al. (2021), a produção e o fornecimento de ração são os principais contribuintes para o impacto da produção de aves. Nos estudos dos autores e naqueles analisados por eles, os alimentos proteicos foram os mais impactantes em toda a cadeia de produção avícola. Logo a busca por aumento da eficiência genética, melhoria da taxa de conversão alimentar (essa muito dependente da genética e idade de abate) e redução do desperdício são fatores de grande influência no impacto ambiental da atividade. A utilização de ingredientes alternativos e a distância entre o local de produção e o de uso da ração também são fatores que afetam grandemente os impactos da alimentação.

Segundo Odales-Bernal et al. (2020) a conversão de nitrogênio da ração dos frangos é considerada relativamente ineficiente, onde entre 50% e 80% do N ingerido é excretado, produzindo dejetos com grande carga de nutrientes.

Para Andretta et al. (2021), independente da precisão do impacto ambiental atribuído à fase de alimentação, é consenso nos estudos científicos que a produção de ração das aves é etapa do processo produtivo mais negativa na cadeia avícola. Assim, as tecnologias de melhoria de conversão alimentar e desempenho animal têm grande potencial para mitigar os impactos ambientais do ciclo de vida das aves. A alimentação de precisão, fornecendo proteína na quantidade suficiente pode otimizar a eficiência do setor para uma produção animal mais sustentável.

Para Lima et al. (2019), o ambiente controlado nos galpões automatizados permite condições ambientais para alojamento de maiores densidades de lote e maior eficiência de produção, garantindo uma melhor eficiência e melhor conversão alimentar. Apesar do uso de energia elétrica em galpões automatizados ser maior que naqueles com baixa automação, e muito comuns em países em desenvolvimento, o consumo por aves acaba sendo inferior nos galpões com maior tecnologia aplicada. De acordo com Martinelli et al. (2020), a densidade em galpões de menor escala é de aproximadamente 12 aves/m², enquanto nos galpões com maior automação a densidade alojada pode chegar a 15 aves/m².

Li et al. (2022) explicam que a eletricidade é utilizada principalmente para ventilação, aquecimento e iluminação. Muitos fatores podem fazer com que o gasto energético varie muito. A má construção e conservação dos aviários e as variações climáticas são exemplos de fatores que alteram significativamente o consumo energético do aviário. A infiltração de ar em portas, forros e paredes diminuem a eficiência do sistema de climatização, necessitando de maior tempo de funcionamento do equipamento para

controle da ambientes interna. Já a mensuração da redução ou aumento do consumo pelas variações climáticas são ainda mais complexas. Enquanto um dia com aumento da temperatura pode fazer com que se gaste menos energia e combustível para aquecimento do aviário com as aves nas primeiras idades também pode ser o responsável pela necessidade de maior ventilação e consumo energético para refrigeração se as aves já estiverem maiores. O inverso também se aplica, dias frios na idade inicial das aves irão requerer maior gasto com aquecimento, mas propiciarão economia com refrigeração se ocorridos em idades mais avançadas.

Ainda de acordo com Li et al. (2022), sistemas de iluminação LED com módulos apropriados (características espetrais e de potência) podem reduzir o uso de energia para iluminação em 80%-85% em comparação com lâmpadas incandescentes ou fluorescentes. A utilização de sensores ajuda no monitoramento em tempo real e na tomada de decisões para variáveis climáticas sendo uma solução promissora para melhoria e eficiência energética nos aviários.

Segundo Thévenot et al. (2013), de toda a cadeia de produção avícola, abrangendo da produção de ração até o abate e processamento, pelo menos 19% do consumo energético correspondem a parte de criação das aves. Significando algo próximo a 6.635 MJ de energia elétrica consumida no aviário para a produção de uma tonelada de carne embalada no abatedouro.

Como forma de reduzir o impacto do consumo energético da avicultura, Li et al. (2022) defendem que um sistema de geração de energia próprio desempenha um papel crucial na compensação de sua utilização. Em áreas com maior insolação no inverno, as tecnologias de geração de energia por meio de painéis fotovoltaicas é o sistema mais utilizado na geração integrada com a produção de aves e possuem baixo *payback*, de 3 a 7 anos em média. O custo de aquisição dos painéis fotovoltaicos tem decaído conforme a produção mundial aumenta. Saindo de U\$ 25.00/W, na década de 1970, para U\$ 3.50/W, em 2009, chegando a um valor próximo a U\$ 0,30/W, em 2019, tornando a opção ainda mais acessível aos produtores.

Segundo Leinonen et al. (2012), o consumo com eletricidade, principalmente com ventilação, alimentação e iluminação, é o terceiro maior ponto de impacto ambiental da produção avícola intensiva, ficando atrás somente do impacto da produção de ração, e aquecimento quando utilizado combustíveis fósseis.

Por meio de uma análise multicritério Collato et al. (2017), identificaram as fontes de aquecimento utilizadas na avicultura na região sul brasileira. Os sistemas de aquecimentos encontrados pelos autores eram alimentados a lenha, gás liquefeito de petróleo (GLP) ou *pellets* de madeira. O GLP mostrou-se como a fonte com maior eficiência energética (10.540 kcal/kg) seguido pelo diesel (10.500 kcal/kg), *pellets* de madeira (4.070 kcal/kg) e por último a lenha com apenas (2.770 kcal/kg). Os dados obtidos apontaram que a utilização de lenha como fonte calorífica para aquecimento dos galpões é responsável pela maior quantidade de emissão de CO₂, seguida pelo diesel, GLP e *pellets* de madeira, respectivamente.

Silva et al. (2014), apresentam que para cada tonelada de frango abatido no Brasil são consumidos em média 0,37 m³ de lenha e 0,37 kWh de energia somente para o aquecimento dos pintainhos até que atinjam tamanho e peso suficiente para conseguirem manter sua temperatura corporal de forma autônoma.

De acordo com Collato et al. (2017), não foi demonstrado interesse pelos avicultores na eficiência energética ou impacto ambiental gerado pelo sistema para escolha da fonte de aquecimento. O critério mais relevante e utilizado como critério de escolha para definição da fonte é o custo da matéria prima. Dessa maneira, mesmo sendo a fonte com menor eficiência energética e a de maior impacto ambiental, a utilização de lenha como fonte de aquecimento é a mais recorrente e bem avaliada pelos avicultores,

seguida pelo GLP que apresenta maior eficiência, menor impacto ambiental e reduzida mão de obra, uma vez que possibilita automação do processo de aquecimento.

Já analisando a geração de resíduos, González-García et al. (2014), frisam que é de grande importância estabelecer mecanismos adequados para manuseio e armazenamento da cama de frango em granjas para controlar a emissão de NH₃. O uso de trocadores de calor pode aumentar a ventilação em granjas de frangos de corte, reduzindo simultaneamente as emissões de NH₃ e trazendo benefícios para a saúde das aves.

De acordo com Leinonen e Kyriazakis (2016), o manejo do alojamento e da cama de frango é responsável por grande proporção da eutrofização dos recursos hídricos e acidificação do solo causada pela atividade. A eutrofização das águas é causada principalmente pelo escoamento, deposição atmosférica ou lixiviação do fosfato e nitrato para a água e as emissões de NH₃ para o ar. Já a acidificação do solo tem como fonte principal a emissão de NH₃ e o dióxido de enxofre da combustão de combustíveis de origem fósseis quando utilizados para geração de energia ou calor.

Segundo Thévenot et al. (2013) e Jiang et al. (2021), a volatilização da amônia depende das características do estrume (pH, temperatura, N e umidade) e diminui no interior dos aviários com redução da umidade e temperatura. Em condições de clima tropical maiores taxas de ventilação são necessárias para garantir temperaturas internas aceitáveis para frangos de corte. A atmosfera interna afeta diretamente a eficiência, conversão alimentar e emissão de amônia por kg de produto animal. Ro et al. (2017) também atribuem uma menor taxa de NH₃ à menor umidade e temperatura da cama, logo uma redução nas emissões de N₂O pela conversão biológica de NH₃ em N₂O.

De acordo com Lima et al. (2015), a emissão de amônia aumenta com a idade das aves, sendo mais acentuado após o 35º dia. Maiores temperaturas da cama e umidade são fatores que elevam a emissão de amônia volátil. Dessa maneira o fornecimento de ventilação mínima uniforme e constante é essencial para garantir bom controle da qualidade do ar no interior do galpão e reduzir a emissão de NH₃. O pH da cama também influencia a liberação de amônia, que é maximizada em níveis de pH acima de 7,0. Os galpões do tipo *Dark House* apresentaram maior emissão de amônia que os do tipo Túnel de Vento com média de 12 g de NH₃ por ave de 2 kg comercializada. A utilização de cama nova em todos os lotes pode reduzir a emissão de amônia, porém acarreta maiores custos aos produtores e aumentam a quantidade descartada. O pH da cama também influencia a liberação de amônia, que é maximizada em níveis de pH acima de 7,0.

Também foi apontado por Jiang et al. (2021), que a emissão de amônia aumenta com o crescimento dos frangos. E que aves com peso corporal inferior a 0,5 kg não contribuem significativamente para a emissão de NH₃. No verão altas emissões de NH₃ foram observadas com o lançamento da cama de frango sobre o solo.

Jiang et al. (2021), citam como forma de mitigar a geração de amônia o manejo das dietas, para reduzir as excreções. A redução da umidade da cama, que dificulta a hidrólise do ácido úrico proveniente das excreções aviárias, e redução da temperatura da cama armazenada além da sua aplicação no solo em dia com temperaturas abaixo das médias sazonais também são apontadas como forma de mitigação.

De acordo Kumar e Patyal (2020), as carcaças das aves mortas requerem destinações adequadas para evitar contaminação do solo e das águas. Os métodos mais comuns são a compostagem, incineração, enterramento e a reciclagem industrial das carcaças (*rendering*) para a fabricação de farinhas demais subprodutos, mas em surtos de mortalidade o descarte inadequado de grandes quantidades de carcaças pode criar problemas associados à contaminação ambiental. Durante o processo de decomposição ocorre a liberação de nutrientes, patógenos e outros componentes que podem atingir fontes de águas circundantes e até mesmo subterrâneas ou subsuperficiais.

Krabbe et al. (2016) recomendam a utilização de desidratadores como alternativa para tratamento térmico com temperatura de trabalho entre 95 °C e 105 °C e redução de

60% a 80% volume dos animais mortos. A temperatura e o tempo de desidratação devem ser determinados de acordo com a destinação do material desidratado. Nesse processo não há queima ou incineração das carcaças, logo não há emissão de gases pela desidratação, apenas vapor d'água e gases provenientes da queima da lenha ou gás utilizado como fonte de energia.

Segundo Lima et al. (2019), 81,11% das emissões totais de N₂O das fazendas de avicultura são provenientes da gestão dos dejetos. Da mesma maneira que o óxido nitroso, a produção de CH₄ também é originada pela gestão da cama de frango, porém pela sua decomposição anaeróbica ao final de cada ciclo. Similarmente, segundo Leinonen et al. (2012), o deíeto das aves é a fonte direta de NH₃, N₂O e, em menor grau, CH₄, que ocorrem durante o alojamento, armazenamento e distribuição no solo.

Crippen et al. (2016), apontam que a reutilização da cama por vários lotes tornou-se prática comum na indústria avícola devido ao aumento dos custos e à dificuldade da aquisição de material de cama, principalmente. Se por um lado ocorre a redução da quantidade descartada de cama, por outro o reaproveitamento contínuo para múltiplos alojamentos resulta em aumentos acentuados na concentração de muitos constituintes físico-químicos como nitratos e fósforo que são potencialmente preocupantes para a saúde das aves e do meio ambiente.

Ro et al. (2017) apontam que o enleiramento interno da cama de frango por aproximadamente 12 dias como tratamento para sua reutilização em respectivos alojamentos apresenta aumento significativo da emissão de NH₃ e N₂O no meio ambiente. Mesmo indicado pelos serviços de inspeção sanitária como protocolo para controle de surtos e doenças como a gripe aviária, esse manejo deve ser avaliado pelos produtores como prática recorrente na criação de frangos.

De acordo com González-García et al. (2014), a utilização da cama de frango como fertilizante em substituição aos minerais apresenta menor impacto ambiental que sua compostagem nos potenciais de acidificação, de eutrofização e de potencial de aquecimento global.

Seidavi et al. (2019) frisam que a escassez de dados relativos à emissão de gases de efeito estufa emitidos pela produção de frangos de corte é recorrente em todos os países. Como forma de auxiliar nessa lacuna, por meio do balanço de nitrogênio da produção avícola estimaram a produção em 17,4g N por kg de peso vivo.

Ainda de acordo com Seidavi et al. (2019), a participação da cama de frango no fornecimento de fertilizantes nitrogenados é pouco relevante, representando algo em torno de 3% do nitrogênio em fertilizantes utilizados globalmente. A utilização da cama de frango como fertilizante de forma inadequada pode trazer riscos ambientais devido a liberação de NH₃, óxido nitroso e contaminação das águas superficiais. Porém, de toda maneira, sua aplicação no solo traz grandes efeitos positivos para a produção agrícola e reduz o impacto ambiental da produção avícola.

Segundo Odales-Bernal et al. (2020), a lixiviação dos nutrientes da cama de frango quando descartada incorretamente pode ocorrer até mesmo de forma espontânea pelo vazamento de água da decomposição da matéria orgânica podendo atingir águas superficiais aumentando a emissão de CH₄ e NH₃ como resultado da decomposição descontrolada dessa matéria orgânica. O lançamento da cama de frango sobre o solo como opção correta de tratamento é largamente utilizado, uma vez que contém nutrientes essenciais para plantas, porém em concentrações muito variadas. Entretanto, segundo Crippen et al. (2016), a deposição descontrolada e recorrente de cama de aviário em solo agrícola pode alterar o conteúdo de minerais, metais pesados e outros parâmetros físico-químicos do solo, como aumento da concentração de K, Na, NO₃⁻, N, %MO, P, S e Zn.

De acordo com Palhares e Kunz (2011), o manejo da aplicação da cama de frango como fertilizante orgânico deve respeitar critérios agronômicos para determinar a taxa de aplicação no solo. Deve-se ter cautela na aplicação em solos arenosos, onde há maior

possibilidade de lixiviação de nitrogênio para as águas subterrâneas ou excessiva concentração de P na superfície facilitando seu escoamento para as águas provocando eutrofização.

Melhorias na eficiência e manejo da cama de frango podem reduzir as emissões que provocam a acidificação do solo e eutrofização das águas, porém as medidas diretas de manejo de gestão na fase de alojamento, armazenamento, manuseio e lançamento no campo devem ser abordadas como principal redução destas emissões. A prática comum de esparramar os dejetos diretamente no campo como fertilizante da lavoura traz benefícios ambientais, como a redução do uso de fertilizantes sintéticos e retenção de CO₂ no solo, porém ainda ocorre grande geração e emissão de NH₃ e nitrato para o ambiente. Práticas como o uso da cama de frango como combustível para geração de energia por meio da biodigestão podem reduzir o consumo de energia e diminuir de forma considerável as emissões de nitrogênio no campo, resultando numa redução das fontes de eutrofização e acidificação do solo (González-García et al., 2014; Leinonen e Kyriazakis, 2016; Constantini et al., 2021).

Em suas pesquisas Odales-Bernal et al. (2020) e Li et al. (2022) mostram que a destinação final da cama de frango pode ser ambientalmente correta com sua utilização como biomassa resultando até na produção de energia elétrica. Dentre os processos de biorrefinarias atuais analisaram seu tratamento por meio da combustão direta, processo termoquímico e processo bioquímico.

Ainda de acordo com Odales-Bernal et al. (2020) e Li et al. (2022), os processos de combustão podem ser utilizados para obtenção de calor e energia, mas carecem atenção quanto ao teor de umidade, mistura de ar e temperatura de combustão. O tratamento pode ocorrer pela combustão direta da cama de frango ou por leito fluidizado que além da produção de energia elétrica fornecem cinzas com alto teor de P e K que podem ser utilizadas como fontes de nutrientes para o solo e plantas. Já tecnologias de tratamentos termoquímicas são capazes de transformar a cama de frango em combustíveis e fertilizantes pelos processos de gaseificação, priólise ou hidrotermal.

Leinonen e Kyriazakis (2016), também apontam que o processo de combustão da cama de frango preserva os principais nutrientes minerais como o P e o K nas cinzas que podem ser destinadas como fertilizantes.

Por último Odales-Bernal et al. (2020), apontam que a cama de frango pode ser tratada bioquimicamente pela digestão anaeróbica produzindo biogás usado para geração elétrica ou fonte de aquecimento para o aviário, e efluente rico em N, P e K. Apesar da implementação de biodigestores ser mais simples que os demais métodos analisados, a cama de frango por possuir baixa relação de C/N, variando de 6:1 a 12:1, carece de suplementação com material rico em carbono como palhadas, aparas de madeiras e até resíduos de podas urbanas para se atingir a relação ideal de 20:1 a 30:1. A dificuldade em se obter esses materiais ricos em carbono pode inviabilizar a utilização de biodigestão anaeróbica.

Considerações finais

Os estudos abordando a avaliação dos impactos da avicultura de corte ainda são escassos, ou pouco aprofundados, principalmente na fase da criação dos frangos onde existem incontáveis de variáveis que dificultam a implantação de uma metodologia de avaliação replicável em empreendimentos similares. A escassez de estudos é ainda maior quanto ao uso dos recursos hídricos para desidratação, que apresenta consumo médio aproximando de 4 litros/ave quando abatidas aos 42 dias, e com a higienização dos aviários, porém é consenso que a produção de ração é a fase mais impactante de toda a cadeia produtiva, mas de pouca ação por parte dos criadores.

Foi constatado grande consumo de energia elétrica, principalmente pelos barracões automatizados que contam com sistema de ventilação e climatização apresentando consumo superior a 6.000 MJ por lote, podendo ser mitigados com a utilização de iluminação LED. A utilização de sistemas inteligentes com sensores também pode ajudar na redução do consumo energético e ainda na melhoria da ambroxia. A instalação de sistemas de geração de energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos se mostra rentável e de pouca necessidade de manuseio, além de reduzir consideravelmente o impacto na matriz energética regional.

Outro ponto abordado pela literatura, a emissão de amônia e geração de resíduos são dois pontos que carecem atenção para garantir a sustentabilidade da atividade. A emissão de amônia está ligada a fatores muitas vezes complexos, mas a redução da umidade e temperatura interna dos galpões e a ventilação mínima forçada são atividades de manejo essenciais para controle da emissão de amônia no ambiente.

De acordo com os estudos analisados, a geração de resíduos caracteriza-se principalmente pela geração dos dejetos, também chamado de cama. A cama possui alta concentração de nutrientes, e se não tratada de forma correta pode emitir amônia, metano e outros gases em consideráveis quantidades. A principal destinação dos dejetos tem sido sua utilização como fertilizante para pastagem e lavouras, porém o lançamento desse material rico em nutrientes sem controle pode contaminar as águas subterrâneas e provocar a eutrofização das águas superficiais.

Outra forma de destinação da cama de frango apontada pela literatura foi sua utilização como biomassa para geração de energia. A utilização da cama como fonte de energia carece de manejo constante, diferente da produção por meio das placas fotovoltaicas, mas é também uma forma de tratamento dos resíduos sólidos da atividade. Os dejetos das aves podem ser fonte de geração de energia por diversos meios, sendo a digestão anaeróbica com a utilização de biodigestores, a menos complexa, mesmo assim carece de adição de material rico em carbono para adequação da relação carbono e nitrogênio.

A destinação e o tratamento inadequado das carcaças das aves mortas também merecem destaques como fonte de poluição e risco à saúde. O tratamento por meio da desidratação das carcaças para redução do volume e posterior compostagem foi apresentado como uma tecnologia viável, porém não consegue atender a atividade em caso de acidentes ou surtos que provoquem mortalidade além do previsto.

A avicultura de corte, mesmo sendo uma atividade considerada eficiente na utilização de recursos e gestão dos impactos, ainda carece de estudos aprofundados para avaliação de seus impactos, principalmente em formas alternativas de destinação dos dejetos, utilização de recursos hídricos e redução da emissão de amônia para alcançar uma melhor sustentabilidade ambiental.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

ABPA - Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual ABPA 2022**. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2021.

- Afonso, S. M. S.; Chilundo, A.; Jairoce, C. T. S. Evaluation of different litter materials for broiler production in a hot and humid environment: 1. Litter characteristics and quality. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, n. 2, p. 168-176, 2013. <https://doi.org/10.3382/japr.2012-00547>
- Andretta, I.; Hickmann, F. M. W.; Remus, A.; Franceschi, C. H.; Mariani, A. B.; Orso, C.; Kipper, M.; Létourneau-Montminy, M.-P.; Pomar, C. Environmental impacts of pig and poultry production: Insights from a systematic review. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 8, Article 750733, 2021. <https://www.doi.org/10.3389/fvets.2021.750733>
- Araújo, R.; Ribeiro, A. C. O crescimento da agroindústria avícola e as alterações no trabalho familiar rural. **Revista Espaço de Diálogo e Desconexão**, v. 8, n. 1/2, 2014. <https://doi.org/10.32760/1984-1736/REDD/2014.v8i2.6913>
- Collatto, D. C.; Mansilha, R. B.; Chiwiacowsky, L. D.; Lacerda, D. P. Multi-criteria analysis to prioritize energy sources for ambience in poultry production. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 19, p. 363-370, 2017. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0290>
- Costantini, M.; Ferrante, V.; Guarino, M.; Bacenetti, J. Environmental sustainability assessment of poultry productions through life cycle approaches: A critical review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 110, p. 201-212, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.086>
- Crippen, T. L.; Sheffield, C. L.; Byrd, J. A.; Esquivela, J. F.; Beier, R. C.; Yeater, K. Poultry litter and the environment: Physiochemical properties of litter and soil during successive flock rotations and after remote site deposition. **Science of the Total Environment**, v. 553, p. 650-661, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.077>
- González-García, S.; Gomez-Fernández, Z.; Dias, A. N.; Feijoo, G.; Moreira, M. T.; Arroja, L. Life Cycle Assessment of broiler chicken production: A Portuguese case study. **Journal of Cleaner Production**, v. 74, p. 125-134, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.067>
- Jiang, J.; Stevenson, D. S.; Uwizeye, A.; Tempio, G.; Sutton, M. A. A climate-dependent global model of ammonia emissions from chicken farming. **Biogeosciences**, v. 18, n. 1, p. 135-158, 2021. <https://doi.org/10.5194/bg-18-135-2021>
- Krabbe, E. L.; Kunz, A.; Lima, G. J. M. M.; Ribeiro, J. B.; Caron, L.; Otênia, M. H.; Miele, M.; Pereira, M. L.; Morés, N.; Nicoloso, R. S. **Tecnologias para destinação de animais mortos - TEC-DAM**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2016.
- Krabbe, E. L.; Silva, S. N. **Ações e medidas da avicultura sustentável**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2016. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148945/1/final8213.pdf>>. Acesso em: 18 maio 2022.
- Kumar, A.; Patyal, A. Impacts of intensive poultry farming on 'one health' in developing countries: Challenges and remedies. **Exploratory Animal and Medical Research**, v. 10, n. 2, p. 100-111, 2020.
- Leinonen, I.; Kyriazakis, I. How can we improve the environmental sustainability of poultry production? **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 75, n. 3, p. 265-273, 2016. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000094>
- Leinonen, I.; Williams, A. G.; Wiseman, J.; Guy, J.; Kyriazakis, I. Predicting the environmental impacts of chicken systems in the United Kingdom through a life cycle assessment: Broiler production systems. **Poultry Science**, v. 91, n. 1, p. 8-25, 2012. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01634>

- Li, Y.; Arulnathan, V.; Heidari, M.D.; Pelletier, N. Design considerations for net zero energy buildings for intensive, confined poultry production: A review of current insights, knowledge gaps, and future directions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, 111874, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111874>
- Lima, N. D. S.; Garcia, R. G.; Nääs, A.; Caldara, F. R.; Ponso, R. Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 5, p. 393-399, 2015. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0217>
- Lima, N. D. S.; Nääs, I. A.; Garcia, R. G.; Moura, D. J. Environmental impact of Brazilian broiler production process: Evaluation using life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, 117752, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117752>
- Martinelli, G.; Vogel, E.; Decian, M.; Farinha, M. J. U. S.; Virginia, L.; Bernardo, M.; Borges, J. A. R.; Gimenes, R. M. T.; Garcia, R. G.; Ruviaro, C. F. Assessing the eco-efficiency of different poultry production systems: An approach using Life Cycle Assessment and economic value added. **Sustainable Production and Consumption**, v. 24, p. 181-193, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.007>
- Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D. G.; The PRISMA Group. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335-342, 2009. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000200017>
- Odales-Bernal, L.; Schulz, R. K.; González, L. L.; Barrera, E. L. Biorefineries at poultry farms: a perspective for sustainable development. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v. 96, n. 3, p. 564-577, 2020. <https://doi.org/10.1002/jctb.6609>
- Oliveira, E. S.; Biazoto, C. D. S. Análise dos possíveis impactos ambientais causados na construção e operação de aviários de frango. **Conexão Ciência**, v. 7, n. 1, p. 30-34, 2012. <https://doi.org/10.24862/cco.v7i1.124>
- Palhares, J. C. P.; Kunz, A. **Manejo ambiental na avicultura**. Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, 2011.
- Reck, A. B.; Schultz, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, p. 709-728, 2016. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790540407>
- Ro, K. S.; Moore Jr., P. A.; Szogi, A. A.; Millner, P. D. Ammonia and nitrous oxide emissions from broiler houses with downtime windrowed litter. **Journal of Environmental Quality**, v. 46, n. 3, p. 498-504, 2017. <https://doi.org/10.2134/jeq2016.09.0368>
- Seidavi, A. R.; Zaker-Esteghamati, H.; Scanes, C. G. Present and potential impacts of waste from poultry production on the environment. **World's Poultry Science Journal**, v. 75, n. 1, p. 29-42, 2019. <https://doi.org/10.1017/S0043933918000922>
- Silva, V. P.; van der Werf, H. M. G.; Soares, S. R.; Corson, M. S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: An LCA approach. **Journal of Environmental Management**, v. 133, p. 222-231, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.12.011>
- Start. Version 3.0.3 Beta. São Carlos: LAPES/UFSCar, 2017. Disponível em: <http://laces.dc.ufscar.br/tools/start_tool>. Acesso em: 01 fev. 2022.

Thévenot, A.; Aubin, J.; Tillard, E.; Vayssières, J. Accounting for farm diversity in Life Cycle Assessment studies: The case of poultry production in a tropical island. **Journal of Cleaner Production**, v. 57, p. 280-292, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.027>



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.