

RESÍDUOS AGROALIMENTARES: UMA REVISÃO SOBRE IMPACTOS E ESTRATÉGIAS DE MINIMIZAÇÃO

Agri-Food Residues: Impacts And Minimization Strategies.

Edvânia de Holanda Lima

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará

Francisco Lucas Lopes do Carmo

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará

Felipe Porfírio de Aquino

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará

Tayane de Lima dos Santos

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará

Patrícia Campos Mesquita

Instituto Federal de Ciências e Tecnologia do Ceará

RESUMO

No decorrer dos anos, a indústria alimentícia tem sido responsável por gerar grandes quantidades de resíduos agroindustriais em sua cadeia produtiva, a saber: cascas, sementes, e outros resíduos que, se dispostos incorretamente, podem causar impacto ao meio ambiente. Este trabalho visa levantar e analisar informações presentes na literatura sobre os resíduos agroindustriais, discutindo a importância de sua gestão para a minimização dos impactos negativos em sistemas de produção agroindustriais, apresentando alternativas mais sustentáveis na produção, tendo como um dos princípios a economia circular, que visa reutilizar resíduos em processos produtivos e reduzir o descarte inadequado desses materiais. Desta maneira, o presente estudo apresenta uma revisão literária de estudos científicos publicados nos últimos 11 anos, utilizando como principais meios de consulta às bases de dados: Google acadêmico, Scielo e Science Direct. Observa-se que o aproveitamento dos resíduos agroindustriais, por meio do beneficiamento de subprodutos, tem agregado valor às cadeias produtivas, além de reduzir os impactos ambientais.

Palavras-chaves: Produção alimentícia; Resíduos agroindustriais; Economia circular.

ABSTRACT

Over the years, the food industry has been responsible for generating large quantities of agro-industrial waste in its production chain, namely: peels, seeds and other waste which, if disposed of incorrectly, can have an impact on the environment. This work aims to gather and analyze information in the literature on agro-industrial waste, discussing the importance of its management in minimizing negative impacts in agro-industrial production systems, presenting more sustainable alternatives in production, with one of the principles being the circular economy, which aims to reuse waste in production processes and reduce the improper disposal of these materials. In

this way, this study presents a literature review of scientific studies published in the last 11 years, using the following databases as the main means of consultation: Google Scholar, Scielo and Science Direct. It can be seen that the use of agro-industrial waste through the processing of by-products has added value to production chains, as well as reducing environmental impacts.

Keywords: Food production; Agro-industrial waste; Circular economy.

INTRODUÇÃO

A questão dos resíduos agroindustriais gerados pela indústria alimentícia representa um desafio significativo tanto para a sustentabilidade ambiental, quanto para a economia. Segundo dados da Food and Agriculture Organization (FAO), aproximadamente 14% dos alimentos para o consumo humano produzidos no mundo são perdidos ou desperdiçados. Esses dados mostram ainda que as principais perdas ocorrem após a colheita e durante o processamento de alimentos (FAO, 2023a).

Em geral, os resíduos agroindustriais são gerados durante o processamento industrial de materiais de origem vegetal e animal, e contêm substâncias como: açúcares, proteínas, fibras, minerais, que estão presente na composição desses resíduos, sendo importante agregar valor e rendimento com novos produtos (Panesar et al., 2016). Contudo, devido à ausência da utilização direta destes resíduos, na maioria das vezes não é atribuído a eles algum valor econômico, a saber: cascas, sementes, folhas, cereais e polpa de legumes/vegetais, entre outros. Para tal, são necessários estudos científicos, a fim de obter melhores alternativas para as análises e o aproveitamento adequado dos mesmos.

Neste contexto, é válido salientar a importância da Economia Circular, que segundo a pesquisa de D. Nesterov et al. (2024), se baseia como um modelo de administração de uma comunidade, que engloba uma variedade complexa de políticas voltadas para as práticas sustentáveis de produção, e consumo, através da recirculação de produtos e materiais em um sistema econômico, que tem como objetivo a minimização de perdas na forma de resíduos em cada etapa de processamento. Ainda seguindo a ideia do autor, a Economia Circular vê vários resíduos agroindustriais como uma oportunidade econômica que, em um futuro não muito distante, pode se tornar um recurso valioso em vez de uma produção problemática.

Apesar de possuir grande potencial, o tratamento ou o aproveitamento desses resíduos ainda é visto como uma despesa operacional para as pequenas agroindústrias, que não dispõem de uma estrutura tecnológica e nem de recursos financeiros para geri-los. Ademais, alguns responsáveis por agroindústrias apresentam uma limitação de informações relacionadas às características dos resíduos, às técnicas utilizadas no aproveitamento e à legislação relacionada.

Desse modo, a presente revisão de literatura tem como objetivo compilar informações sobre o uso de resíduos agroindustriais, discutindo a importância de sua gestão para a minimização dos impactos negativos em toda cadeia produtiva da agroindústria, apresentando alternativas mais sustentáveis na produção.

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem do estado da arte acerca do uso de resíduos agroindustriais gerados a partir de linhas de produção de alimentos. O artigo foi elaborado através da consulta de trabalhos científicos publicados nos últimos 11 anos (2013 a 2024), tendo como suporte as bases de dados Google acadêmico, Science Direct e Scielo. A pesquisa visou identificar a importância do aproveitamento dos resíduos gerados em linhas de produção de alimentos, bem como as alternativas para a minimização dos impactos causados pela má gestão desses materiais.

Para tal, os descritores e operadores booleanos utilizados na busca foram: “produção alimentícia”, “resíduos agroindustriais”, “economia circular” ou “food production”, “agro- industrial waste” e “circular economy”.

Após as buscas iniciais, foi realizada a leitura do título e dos resumos dos artigos, selecionando aqueles alinhados com o objetivo do estudo e adoção dos seguintes critérios de inclusão: publicações em língua portuguesa e em inglês, artigos disponíveis na íntegra, além de comunicados técnicos voltados para a área alimentar e ambiental publicados em 2013 e 2024, e, que abordavam a temática de resíduos industriais da indústria alimentícia e economia circular. Foram descartados os artigos incompletos, artigos de revisão bibliográfica, relato breve, relato de caso, editoriais, textos em outros idiomas e estudos que não se encontravam dentro do período delimitado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização de busca nas bases de dados com os descritores e dados booleanos, foram encontrados 7.968 (sete mil novecentos e sessenta e oito) artigos científicos, sendo 01 (um) na base de dados da Scielo, 4.041 (quatro mil e quarenta e um), Science Direct e 3.926 (três mil novecentos e vinte e seis) no Google Acadêmico. Após leitura da temática, foram selecionados 34 artigos, aqueles com o conteúdo de interesse para posterior análise. Então se realizou uma leitura crítica analisando quais temas, objetivos e conclusões de maior relevância.

O processo detalhado de seleção permitiu construir uma base para a discussão, possibilitando a identificação de oportunidades na literatura para futuras análises na área. Desse modo, os artigos selecionados não apenas contribuíram para o entendimento do aproveitamento de resíduos agroindustriais e economia circular, mas também forneceram recursos importantes para o desenvolvimento de propostas inovadoras e sustentáveis para o setor.

Características e classificação dos resíduos agroindustriais

Durante o processamento de alimentos nas agroindústrias são gerados resíduos como açúcares, couros, fibras, álcoois, etc. A produção desses materiais depende de fatores externos, os quais são condicionados pelo grau de maturidade e demanda da matéria-prima. Outro fator

relevante é a água residuária proveniente da lavagem de produtos, cozimento, lavagem de equipamentos, utensílios, pasteurização e resfriamento, que também se configura como sobras do processamento (Wilson; Ramon, 2015).

Quanto à origem biológica, os resíduos agroindustriais podem ser classificados em orgânicos e inorgânicos. A Tabela 1 apresenta os tipos, origem e exemplos desses resíduos, sendo os orgânicos caracterizados como subprodutos de origem biológica, provenientes do meio da agricultura e pecuária. Já os inorgânicos são aqueles provenientes de processos industriais, tais como embalagens produzidas em outros setores do meio agrícola e doméstico.

Dentre os principais representantes de resíduos orgânicos, estão aqueles gerados a partir de vegetais comestíveis e que podem ser re-inseridos em outras linhas de beneficiamento, devido ao alto valor agregado. As sementes e cascas, por exemplo, possuem características fitoquímicas diferentes, e na maioria das vezes apresentam em sua composição, mais compostos nutricionais do que a própria polpa de fruta. Assim, a utilização dos resíduos gerados no processamento de frutas, tais como cascas e sementes, se evidencia como um potencial aproveitamento, em razão de esses subprodutos apresentarem componentes bioativos (Filho; Franco, 2015).

Já os resíduos inorgânicos, tais como embalagens plásticas, vidros e outros materiais semelhantes, constituem uma parcela significativa do total de resíduos gerados em diferentes contextos, como as embalagens geradas na indústria agroalimentar, setor de serviços e consumo doméstico (Astane; Hajilo, 2017). Segundo Anwar et al. (2018) e Astane e Hajilo (2017), os resíduos inorgânicos são um dos elementos que mais contribuem para os impactos ambientais. Essa presença expressiva de plásticos reflete não apenas os padrões de consumo e descarte, mas também os desafios enfrentados em termos de gestão de resíduos. Assim, uma das alternativas para amenizar os impactos ambientais causados pelos materiais que constituem a cadeia de resíduos inorgânicos, Texeira (2018) cita a prática da logística reversa, que se configura como sendo uma etapa fundamental para uma gestão eficiente destes resíduos, pois permite a recuperação dos produtos gerados, com a finalidade de reparar, reciclar ou revender.

Neste contexto, é importante distinguir a diferença entre resíduos e rejeitos agroindustriais. Pedrosa et al., (2013) observaram que materiais que são considerados resíduos não podem ser denominados como rejeitos, devido ao fato de possuírem um valor econômico agregado. Sugerem ainda que estes materiais podem ser aproveitados dentro do próprio setor de origem depois de receberem tratamento adequado.

Resíduos gerados a partir de matérias primas alimentícias

Segundo Giordani Junior et al. (2014), em artigo sobre os resíduos agroindustriais gerados na produção de ruminantes, os resíduos industriais alimentícios podem ser caracterizados como sólidos, líquidos e gasosos. De modo geral, os resíduos caracterizados como sólidos das indústrias alimentícias têm uma capacidade enorme de poluir rios e lagos

e ainda se tornarem focos de insetos e roedores em detrimento do local de acúmulo. Os autores também destacam que o reuso racional desses resíduos tem como objetivo reduzir os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado, além de contribuir para a formulação de dietas para ruminantes, visando à redução dos custos de produção, os quais representam 70% das despesas da atividade.

A indústria de bebidas também é uma fonte geradora de materiais residuais que porventura podem causar impactos negativos para o meio ambiente. Uma vez que na composição dessas bebidas há quantidades significativas de substâncias, tais como: adoçantes, conservantes, álcool, açúcares, dióxido de carbono, entre outras, que podem comprometer a saúde humana e levar à contaminação do solo, ar e água (Feil; Traesel, 2024).

Na maior parte dos casos, os resíduos agroindustriais são descartados sem nenhum tratamento adequado. Esse procedimento inadequado pode significar danos para o meio ambiente devido à grande quantidade dispensada e à lenta degradação do mesmo (Voss et al., 2024). Além disso, o não aproveitamento desses resíduos pode representar uma possível perda de matérias primas para a agroindústria e um grande desperdício para toda indústria agroalimentar. Desse modo, a minimização da geração e o aproveitamento dos resíduos agroindustriais se caracterizam como excelentes alternativas para a diminuição dos impactos ambientais, bem como, redução do desperdício alimentar.

Segundo o estudo de Mahato e colaboradores (2019), estima-se que a indústria de processamento de resíduos cítricos gere mais de 54 milhões de toneladas de resíduos em todo o mundo. Estes resíduos são compostos, principalmente, por partes não comestíveis, como as cascas das frutas cítricas. Nessa circunstância, as cascas representam um desafio para essas indústrias, uma vez que estas só são parcialmente usadas e a maior parte deste material é incinerado, aterrado ou compostado (Teigiserova et al., 2021).

No processamento da laranja para obtenção de sucos são gerados resíduos como a casca e o bagaço, que apresentam, em sua composição, diversos componentes nutricionais de grande importância e, que podem ser aplicados em indústrias alimentícias, na construção e até mesmo na indústria farmacêutica (Assâd et al., 2014; Marie et al., 2018). Dentre estes componentes, está o material lignocelulósico que possui uma grande resistência à degradação, mas que, após tratamentos físico-químicos e enzimáticos, podem ser convertidos em subprodutos como: açúcares livres para a produção de etanol, vitaminas isoladas e nanomateriais de alto desempenho (Cypriano et al., 2017).

Diante do potencial de aproveitamento dessa diversidade química dos resíduos agroindustriais, é comum que uma parte destes subprodutos gerados anualmente pelas agroindústrias seja destinada para a reutilização em alimentação de animais, fertilização de culturas e para a produção de combustível. A maioria desses resíduos, porém, não é aproveitada, sendo eles descartados em aterros sanitários ou ainda incinerados (Gemechu, 2020; Ivan et al., 2022).

Portanto, faz-se necessário o aproveitamento desses resíduos, a fim de minimizar os impactos ambientais negativos e potencializar seu uso. Segundo Liu et al., (2023) afirmam que é possível agregar valor aos resíduos a partir da produção de novos produtos, pois devido a composições químicas presentes em alguns desses resíduos, pode-se fazer seu uso na síntese de novos produtos, indicando viabilidade econômica.

Aproveitamento dos resíduos orgânicos agroindustriais

Os resíduos agroindustriais podem apresentar grande valor agregado devido a sua composição química. Para tanto, faz-se necessário conhecê-los, visando a valorização dos seus subprodutos. Além disso, agregar valor a esses resíduos possibilita a minimização dos impactos ambientais causados devido a sua má gestão, podendo ser aproveitado inclusive no próprio setor de origem.

Dentre os artigos selecionados, 12 apresentam possibilidade de aproveitamento de resíduos agroindustriais apresentados na literatura (Tabela 1).

Tabela 1 – Possibilidades de aproveitamento de resíduos agroalimentares.

Matéria-prima	Características do produto	Possibilidade de aproveitamento	Referências
Abacaxi	Rico em fibras e apresenta baixas calorias	Doces, Geleias e Bolos	Lima <i>et al.</i> (2017)
Acerola	Ácido ascórbico, flavonóides, antocianinas	Geração de substâncias bioativas para produtos alimentícios	Edilayne <i>et al.</i> , (2023)
Araruta	Fibras alimentares	Empregado como subproduto em indústrias extratoras de amido	Lacerda, Cereda e Brito (2022)
Batata-doce	Amido	Produção de bioetanol a partir da batata doce utilizando bolores	Kumar <i>et al.</i> (2014) e Kumar <i>et al.</i> (2016)

		sacarolítico	
Caju	Rico em xilose, arabinose e glicose	Produção de xilitol	Medeiros <i>et al.</i> (2017)
Caju	Rico em óxido de ferro, cloro, óxido de manganês, óxido de cálcio, entre outros	Geração de calor para caldeiras, fornos, calcinadores e adubo para solo	Paiva e Falcão Filho (2023)
Mamão	Fibras e carboidratos	Produção de doces utilizando resíduo da casca	Lima <i>et al.</i> (2018)
Mandioca	Rico em ácido cianídrico	Lixiviação do ouro	Lima <i>et al.</i> (2022)
Mandioca e subprodutos da indústria vinícola	Amido	Elaboração de filmes biodegradáveis	Zafonato <i>et al.</i> (2023)
Manga, acerola, abacaxi, maracujá e cajá	Antioxidantes naturais	Produção de farinha com características antioxidantes	Martins <i>et al.</i> (2019)
Romã	Rico em ácido púnico	Farinha de semente de romã	Nogueira <i>et al.</i> (2020)
Maçã, maracujá e uva	Cálcio, fósforo, pectina, niacina, outros.	Produção de iogurte a partir de farinhas mistas.	Gonçalves e Leão (2013)

Uva	Alto conteúdo de fenois	Produção de cosméticos naturais a partir de bagaço de uva	Matos <i>et al.</i> (2019)
-----	-------------------------	---	----------------------------

Fonte: Autoria própria.

Esta revisão encontrou o uso de resíduos de frutas tanto na síntese de produtos alimentícios (como produtos de panificação e confeitaria, farinhas e doces, entre outros), como uso na formulação de cosméticos e uso na lixiviação de metais. Observou-se que nos últimos 11 anos, a temática do aproveitamento de resíduos agroindustriais tem ampliado uma discussão sobre a importância e relevância desse tema, tanto para a redução desses materiais que sobram, como para a minimização dos impactos ao meio ambiente.

ECONOMIA CIRCULAR

Nesse contexto, é importante apresentar o conceito de economia circular, que se caracteriza por ser um modelo de economia que visa minimizar os resíduos e potencializar a reutilização de recursos (Texeira, 2018). Segundo Lemos (2018, p.15), a economia circular tenta reproduzir “O que a natureza faz, há milhões de anos, em linha com a constatação do famoso químico francês, Antoine Lavoisier, “Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”. Ainda segundo ela, este conceito almeja encerrar com as ineficiências de gestão dos recursos naturais, desde a extração das matérias primas até a sua utilização.

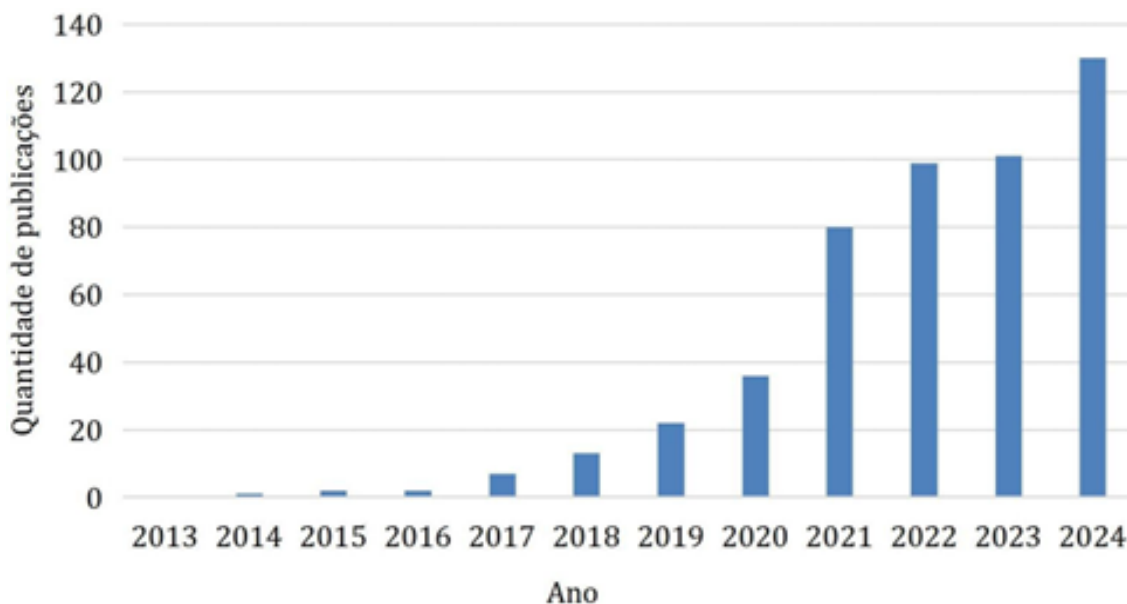
A economia circular é um modelo de transição que incorpora o conceito de inovação como um de seus pilares fundamentais. Esse modelo se destaca por priorizar a efetividade na geração de impactos positivos, visando não apenas a eficiência e a eficácia, mas também a criação de benefícios substanciais para todas as partes envolvidas (Confederação Nacional da Indústria, 2019). Deste modo, a reinserção de resíduos em processos produtivos, bem como a sua redução destes materiais, caracteriza uma contribuição positiva da economia circular para o manejo de resíduos agroindustriais.

Ademais, na concepção da economia circular, os resíduos como cascas de frutas cítricas são utilizados para a extração do composto limoneno o qual pode ser obtido no óleo essencial extraído das cascas, aumentando o valor potencial desses resíduos (Ozturk; Winterburn; Gonzales, 2019). O que está de acordo com o que Geissdoerfer et al. (2017) conceituam como economia circular, ou seja: processo no qual há atenuação de recursos que entram e resíduos que saem, com emissões e gastos energéticos, através do desaceleramento, fechamento e diminuição de loops de materiais e energia utilizados.

O gráfico abaixo (Figura 1) mostra a quantidade de publicações entre anos de 2016 a 2024, de estudos referentes aos conceitos de resíduos agroindústrias na perspectiva da economia circular. Os dados

deste gráfico foram obtidos através da plataforma Science Direct, utilizando as palavras-chave "Agro-industrial waste" e "Circular economy".

Figura 1 - Publicações entre os anos 2016 à 2024.



Fonte: Autoria própria.

No presente estudo foram encontrados 493 resultados, com a pesquisa filtrada nos períodos de 2013 a 2024. Nota-se um crescimento gradual no número de pesquisas a partir do ano de 2017, evidenciando o aumento de interesse e preocupação com a escassez de recursos e com os impactos ambientais. O pico de pesquisas conforme mostrado no gráfico, reflete os dados disponíveis até 20 de setembro de 2024, indicando que ainda há mais pesquisas a serem publicadas. Observa-se, também, a escassez de estudos nos anos anteriores a 2020.

A ausência de estudos nos anos anteriores a 2020, referente à temática de economia circular, deve-se ao fato de haver dados limitados nesse período, bem como a falta de análises sobre uso de resíduos oriundos do setor agrícola. Ainda neste contexto, há uma procura por novas ferramentas e o desenvolvimento de novos estudos para analisar a valorização dos resíduos agroindustriais no contexto da bioeconomia circular.

De acordo com Sharma et al. (2023), os recursos dentro da bioeconomia circular devem ser reduzidos, reutilizados e reciclados, com intuito de estabelecer um sistema de circuito fechado que possa reduzir a produção de resíduos e aumentar a eficiência dos recursos. Em suma, a economia circular é um fator importante para agregar valor a esses resíduos agroindustriais e contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Tabela 4.2 - Mostra alguns estudos com aplicação da bioeconomia circular no contexto de aproveitamento dos resíduos agroindustriais nos anos de 2011 à 2024.

Título	Autores
Valorização de resíduos agroindustriais para processos de biorrefinaria e bioeconomia circular: uma revisão crítica	Yaashikaa, Kumar e Varjani (2022)
Biodegradação de resíduos agroindustriais	Kučić, Kopčić e Briški (2017)
Valorização de resíduos agroindustriais: bioeconomia circular e processo de biorrefinaria – uma sinfonia sustentável	Wagh <i>et al.</i> (2024)
Cogerenciamento de resíduos agroindustriais por fermentação em estado sólido para a produção de compostos bioativos	Leite, Belo e Salgado (2021)
Avanços nos métodos de fermentação para a produção de ácido bio-succínico a partir de resíduos agroindustriais por <i>Actinobacillus succinogenes</i>	Putri <i>et al.</i> (2020)
Valorização de resíduos agroindustriais como substratos para a produção heteróloga de α -galactosidase	Alvarez-Cao <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autoria própria.

Como se percebe, na literatura mais recente há um crescente interesse em estudos que abordam a bioeconomia no contexto do aproveitamento de resíduos agroindustriais, como na minimização dos impactos ambientais. Segundo Bastos *et al.* (2021), a literatura retrata que ao longo das últimas quatro décadas, a perspectiva da economia circular tem se modificado, em virtude das inovações relacionadas à aplicabilidade de produtos e processos biológicos, em diversas áreas, como a biotecnologia

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das publicações ao longo dos últimos 11 anos destaca avanços significativos em métodos de aproveitamento de resíduos agroindustriais, especialmente no contexto da economia circular, que visa transformar os resíduos em insumos para novos produtos. Deste modo, o presente estudo de revisão evidenciou a importância de uma gestão e manejo eficientes dos resíduos agroindustriais como estratégia para mitigar os impactos ambientais, bem como para gerar valor econômico. Assim, a reutilização destes materiais, que vão desde cascas de frutas até subprodutos da indústria vinícola, não só contribui para a sustentabilidade ambiental como também oferece oportunidades econômicas, agregando valor às cadeias produtivas.

Portanto, a partir desta pesquisa, foi possível observar que o aproveitamento correto dos resíduos gerados na produção de alimentos não é apenas viável, como também apresenta grandes relevâncias econômicas e ambientais. Os estudos encontrados como: utilização de resíduos em biocombustíveis; geração de substâncias bioativas para produtos alimentícios; elaboração de subprodutos, entre outros citados no decorrer do artigo, surgem como estratégias promissoras para reduzir os impactos e gerar valor agregado aos sistemas produtivos.

Diante de desafios expressivos, como a carência de infraestrutura tecnológica e recursos financeiros em pequenas agroindústrias, conclui-se que a prática eficaz de políticas públicas e incentivos à pesquisa, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias acessíveis, são fundamentais para promover uma gestão sustentável dos resíduos agroindustriais. Isso não só potencializa a redução dos impactos ambientais, mas também fortalece a transição para uma economia mais circular e resiliente, com benefícios diretos para o meio ambiente e a sociedade.

Além disso, é de fundamental importância a continuação deste estudo revisando literaturas e analisando os impactos dos resíduos agroindustriais e suas alternativas de minimização para que se tenha dados atualizados e com relevância de estudo. Por fim, os resultados desta pesquisa têm o potencial de contribuir com a disseminação dos conhecimentos socioambientais, além de colaborar com o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental do país.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ-CAO, M. E. et al. Valuation of agro-industrial wastes as substrates for heterologous production of α -galactosidase. **Microbial Cell Factories**, [S.l.], v. 17, n. 137, p. 1 - 13, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0988-6>.

ANWAR, S.; ELAGROUDY, S.; ABDEL RAZIK, M.; GABER, A.; BONG, C.P.C.; HO, W.S. Optimization of solid waste management in rural villages of developing countries. **Clean Technol. Environ. Policy**, [S.l.], v. 20,

n. 3, p. 489 – 502, 2018. DOI: <https://www.doi.org/10.1007/s10098-018-1485-7>.

ASSÂD, S.; NADIA B.; IMEN, G.; ALI, B.; RAOUDHA, E. G; SEMIA, E. C. Water-soluble polysaccharides from agro-industrial by-products: functional and biological properties. **International Journal of Biological Macromolecules, industrial crops and products**, [S.l.], v. 69, p. 236 – 243, 2014. DOI: <https://www.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.05.052>.

ASTANE, A. R. D.; HAJILO, M. Factors affecting the rural domestic waste generation. **Global J. Environ. Sci. Manage.**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 417 – 426, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2017.03.04.007>.

BASTOS, C. B.; JOSÉ, C. J. L.; GONÇALVES, A. C. N.; NASCIMENTO, K. N. Bioeconomia, economia circular e agroindústria 4.0: proposições para as transições tecnológicas emergentes. **Revista do Desenvolvimento Regional**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 312 – 338, 2022. DOI: <https://www.doi.org/10.26767/2375>.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília-DF: 1981. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 09 set. 2024.

BRASIL. **Lei nº 12.305, 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília-DF: 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 09 set. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Pesquisa sobre a economia circular. 2019**. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/91/29/91292dcc-f023-47cb-a52b661c36cc6fa7/pesquisa_sobre_economia_circular_2019_1.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

CYPRIANO, D. Z.; DA SILVA, L. L.; MARIÑO, M. A; TASIC, L. A biomassa da laranja e seus Subprodutos. **Revista Virtual Química**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 176 – 191, 2017. DOI: <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20170014>.

EDILAYANE, N. S.; CASSIANO, D. C. N.; MARIA, A. T. M. C.; LINS, B. R. A. M.; CARDOSO, V. S. F.; PEREIRA, F. A. S. From waste to wonder: Unleashing the antimicrobial and antioxidant potential of acerola residue using a central composite rotatable design. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, [S.l.], v. 11, n. 6, 111184, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111184> ELSEVIER. ScienceDirect. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 4 ago. 2024.

FAO. **Platform on food loss and waste**. 2023a. Disponível em: <https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en/>. Acesso em: 19 set. 2024.

FEIL, A.; TRAESEL, E. G. Indicadores de sustentabilidade empregados na avaliação do desempenho da indústria de bebidas no Brasil. **Revista de Estudos Interdisciplinares**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 01-23, 2024. DOI: <https://doi.org/10.56579/rei.v6i1.681>.

FILHO, W. B. N.; FRANCO, C. R. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150116>.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy - A new sustainability paradigm? **Journal of cleaner production**, [S.l.], v. 143, p. 757-768. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.

GEMECHU, F. G. Embracing nutritional qualities, biological activities and technological properties of coffee byproducts in functional food formulation, Etiópia. **Trends in Food Science & Technology**, [S.l.], v. 104, p. 235 – 261, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.005>

GIORDANI JUNIOR, R. et al. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Porto Velho, v. 3, n. 1, p. 93 – 104, 2014. DOI: <https://periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/1224>.

GONÇALVES, C. R.; LEÃO, M. Produção de iogurte com adição das farinhas mistas a partir dos resíduos de maçã, maracujá e uva. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 9, n. 17, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/3310>.

GLOBAL FOODBANKING NETWORK. **New Research Highlights How Brazil Can Address Food Waste, Hunger, and Climate Change**. 2023. Disponível em: <https://atlas.foodbanking.org>. Acesso em: 19 set. 2024.

IVAN, A. S.; ALDO, A. R.; JORGE A. A. G.; MAGDALENA, M.S Processing Agroindustry By - Products for Obtaining Value-Added Products and Reducing Environmental Impact, **Journal of Chemistry**, [S.l.], v. 22, p. 1 – 13, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/3656>.

KUČIĆ, D.; KOPČIĆ, N.; BRIŠKI, F. **Biodegradation of Agro-industrial Waste**. *Chem. Biochem. Eng. Q.*, [S.l.], v. 31, n. 4, p. 369 – 374, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15255/CABEQ.2017.1116>.

KUMAR, A.; DUHAN, J. S.; GAHLAWAT, S.; GAHLAWAT, S. K. Production of ethanol from tuberous plant (sweet potato) using *Saccharomyces cerevisiae* MTCC-170. **African Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 13, n. 28, p. 2874 – 2883, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2014.13608>.

KUMAR, A.; SADH, P. K.; KHA, S.; DUHAN, J. S. Bio-ethanol production from sweet potato using co-culture of saccharolytic molds (*Aspergillus* spp.) and *Saccharomyces cerevisiae* MTCC170. **Journal of Advances in Biotechnology**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 822-827, 2016. DOI: <https://doi.org/10.24297/jbt.v6i1.4016>.

LACERDA, A. M.; CEREDA, M. P.; BRITO, V. Aproveitamento de resíduos agroindustriais – potencialidades das fibras de araruta (*Maranta arundinacea* L.) para alimentação humana. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 6, p. e4611628378, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28378>.

LEITE, P.; BELO, I.; SALGADO, J. M. Co-management of agro-industrial wastes by solid- state fermentation for the production of bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 172, 113990, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113990>.

LEMONS, P. **Economia Circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo**. Lisboa, 2018. Disponível em: https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2022/02/economia-circular-resiliencia-competitividade-RLVT_2018.pdf. Acesso em: 10 abr. 2024.

LIMA, P. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos provenientes do abacaxi 'pérola' minimamente processado. **HOLOS**, [S. l.], v. 2, p. 122 - 136, 2017. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2017.5238>.

LIMA, P. C. C.; SOUZA, B. S.; SANTINI, A. T.; OLIVEIRA, D. C. Aproveitamento agroindustrial de resíduos de mamão 'formosa' minimamente processados. **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 10, n. 3, 2018. DOI: <https://doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181128>

LIMA, R. G. et al. Cianeto de Mandioca: viabilidade econômica do uso de manipueira para erradicação do mercúrio na mineração, e proposta para Bioeconomia Circular na Amazônia, Brasil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e43211729981-e43211729981, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.2998>.

LIU, Z. et al. Valorization of food waste to produce value-added products based on its bioactive compounds. **Processes**, [S.l.], v. 11, n. 840, p. 1 - 29, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr11030840>.

MAHATO, N. et al. Modern extraction and purification techniques for obtaining high purity food-grade bioactive compounds and value-added co-products from citrus waste. **National Library of Medicine**, [S.l.], v. 18, n. 11, p. 523, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8110523>.

MARIE, E.; FLORENCE, C.; CHRISTOPHE, L. Chemical and multi-physical characterization of agro-resources' by-product as a possible raw building material, **Industrial Crops and Products**, [S.l.], v. 120, p. 214 - 237, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.025>.

MARTINS, Q. S. A. et al. Resíduos da indústria processadora de polpas de frutas: capacidade antioxidante e fatores antinutricionais. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 591 – 608, 2019. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n2p591-608>.

MATOS, M. S. et al. Polyphenol-rich extracts obtained from winemaking waste streams as natural ingredients with cosmeceutical potential. **Antioxidants** (Basel), [S.l.], v. 8, n. 9, p. 355, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8090355>.

MEDEIROS, L. L. et al. Bioconversão do Bagaço de pedúnculo de caju hidrolisado para produção de etanol e xilitol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 7, p. 488 – 492, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n7p488-492>.

NOGUEIRA, L. P. S.; CAVALCANTI, M. T.; SOUSA, P. A.; FONSECA, J. V. S.; ANDRADE, M. L. Beneficiamento e caracterização de resíduos da romã orgânica para aproveitamento agroindustrial. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 60 – 63, 2020.

OZTURK, B.; WINTERBURN, J.; GONZALES, M. M. Orange peel waste valorisation through limonene extraction using bio-based solvents. **Biochemical Engineering Journal**, [S.l.], v. 151, p. 107298, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bej.2019.107298>.

PAIVA, J. M. de; FALCÃO FILHO, R. dos S. Reaproveitamento de resíduo agroindustrial do beneficiamento da castanha de caju em processos de geração de calor. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 3010 – 3023, 2023. doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-209>.

PANESAR, P. S.; KAUR, R.; SINGLA, G.; SANGWAN, R. S. Bio-processing of agro-industrial wastes for production of food-grade enzymes: progress and prospects. **Applied Food Biotechnology**, [S.l.], v. 3, n. 4, p. 208 – 227, 2016. doi: <https://doi.org/10.22037/afb.v3i4.13458>.

PEDROSA, T. D.; FARIAS, C. A. S.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, E. T. R. Monitoramento dos parâmetros físico-químicos na compostagem de resíduos agroindustriais. **Nativa - Pesquisas Agrárias Ambientais**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 44 – 48, 2013. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v1i1.1335>.

PUTRI, D. N. et al. Progress of fermentation methods for bio-succinic acid production using agro-industrial waste by *Actinobacillus succinogenes*. **Energy Reports**, [S.l.], v. 6, suplemento 1, p. 234 – 239, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2019.08.050>.

SHARMA, V. et al., Insights into the recent advances of agro-industrial waste valorization for sustainable biogas production. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 390, 129829, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.129829>.

TEIGISEROVA, A. D. et al., A step closer to circular bioeconomy for citrus peel waste: A review of yields and technologies for sustainable management of essential oils. **Journal of Environmental Management**, [S.l.], v. 280, p.111832, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111832>.

TEXEIRA, J. P. **A Economia Circular como fator de resiliência e competitividade na região de Lisboa e Vale do Tejo**. Lisboa: CCDRLVT, 2018. Disponível em: https://www.ccdr-lvt.pt/wp-content/uploads/2022/02/economia-circular-resiliencia-competitividade-RLVT_2018.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

WAGH, M. S. et al. Valorisation of agro-industrial wastes: Circular bioeconomy and biorefinery process – A sustainable symphony. **Process Safety and Environmental Protection**, [S.l.], v. 183, p. 708 – 725, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2024.01.055>.

WILSON, B. N. F.; RAMON, C. F. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, [S.l.], v.7. n. 6, p. 968 – 1987, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150116>.

VOSS, M. et al. Unlocking the potential of agrifood waste for sustainable innovation in agriculture. **Recycling**, [S.l.], v. 9, n. 25, p. 1 – 28, 2024. DOI: <https://10.3390/recycling9020025>.

YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, S. P.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: a critical review. **Bioresource Technology**, [S.l.], v. 343, 126126, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126126>.

ZAFONATO, B. P. et al. Elaboração e caracterização de biofilmes de amido com subproduto da indústria do vinho. **rLAS**, [S.l.], v.5, n.3, p. 205 – 2011, 202. Disponível em: <https://rlas.uniplaclages.edu.br/index.php/rlas/article/view/61/71>.

Contato dos autores/as:

autora: Edvânia de Holanda Lima

e-mail: edvaniia.holanda@gmail.com

autor: Francisco Lucas Lopes do Carmo

e-mail: lopeslucas021@gmail.com

autor: Felipe Porfírio de Aquino

e-mail: felipedeaquino2@gmail.com

autora: Tayane de Lima dos Santos

e-mail: tayane.lima@ifce.edu.br

autora: Patrícia Campos Mesquita

e-mail: patricia.campos@ifce.edu.br

Manuscrito aprovado para publicação em: 02/12/2025