


BIOTECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS E OTIMIZAÇÃO PRODUTIVA**BIOTECHNOLOGY AND SUSTAINABILITY IN THE FOOD INDUSTRY: STRATEGIES FOR REDUCING ENVIRONMENTAL IMPACTS AND OPTIMIZING PRODUCTION** <https://doi.org/10.63330/aurumpub.045-017>**João Paulo Duarte Barbosa Mano**Graduando em Medicina - Afya Contagem
Contagem – MG

E-mail: Joaopaulo.edufi@gmail.com

Rejane Macedo MartinsMBA em Gestão de Projetos
Anhanguera Educacional

Rio Grande – Rio Grande do Sul

E-mail: Rejane.macedo@hotmail.com

Elaine Carvalho SantanaCiências Biológicas
Universidade Tiradentes

Aracaju/SE

E-mail: Elaineeca891@gmail.com

Maria Aparecida Baptista Nunes

Mestre em Produção Vegetal - Universidade Estadual do Norte Fluminense UENF-RJ

RESUMO

A crescente demanda por alimentos e a intensificação dos processos industriais têm ampliado os desafios relacionados à sustentabilidade ambiental no setor alimentício. Este capítulo tem como objetivo analisar a contribuição da biotecnologia para a promoção de práticas sustentáveis na indústria alimentícia, destacando estratégias voltadas à redução de impactos ambientais e à otimização produtiva. A metodologia utilizada consiste em uma revisão bibliográfica narrativa baseada em estudos científicos, livros e publicações nacionais e internacionais sobre biotecnologia aplicada à sustentabilidade industrial. Os resultados evidenciam que técnicas biotecnológicas, como processos fermentativos, uso de microrganismos, bioprocessos enzimáticos, reaproveitamento de resíduos agroindustriais e desenvolvimento de bioinsumos, apresentam potencial significativo para reduzir desperdícios, diminuir a emissão de poluentes, otimizar o consumo de recursos naturais e aumentar a eficiência produtiva. Além disso, observou-se que a aplicação dessas tecnologias contribui para modelos produtivos alinhados aos princípios da economia circular. Conclui-se que a biotecnologia representa uma ferramenta estratégica para a transformação sustentável da

indústria alimentícia, promovendo ganhos ambientais, econômicos e produtivos, além de fortalecer práticas industriais mais responsáveis e inovadoras.

Palavras-chave: Biotecnologia industrial; Economia circular; Indústria alimentícia; Otimização produtiva; Sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT

The growing demand for food and the intensification of industrial processes have increased challenges related to environmental sustainability in the food sector. This chapter aims to analyze the contribution of biotechnology to promoting sustainable practices in the food industry, highlighting strategies focused on reducing environmental impacts and optimizing production. The methodology adopted consists of a narrative literature review based on scientific studies, books, and national and international publications regarding biotechnology applied to industrial sustainability. The results indicate that biotechnological techniques such as fermentation processes, the use of microorganisms, enzymatic bioprocesses, agro-industrial waste reuse, and the development of bioinputs have significant potential to reduce waste, decrease pollutant emissions, optimize natural resource consumption, and improve production efficiency. Furthermore, these technologies contribute to production models aligned with circular economy principles. It is concluded that biotechnology represents a strategic tool for sustainable transformation in the food industry, promoting environmental, economic, and productive benefits while strengthening more responsible and innovative industrial practices.

Keywords: Biotechnology industry; Circular economy; Environmental sustainability; Food industry; Productive optimization.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional mundial, associado à urbanização e às mudanças nos padrões de consumo, tem ampliado significativamente a demanda por alimentos, gerando desafios relacionados à segurança alimentar e à sustentabilidade ambiental. Estimativas indicam que a população global poderá alcançar aproximadamente 9,7 bilhões de pessoas até 2050, exigindo aumento substancial da produção de alimentos e maior eficiência nos sistemas produtivos (Dhiman et al., 2026). Esse cenário intensifica a necessidade de estratégias capazes de equilibrar produtividade, uso racional dos recursos naturais e redução dos impactos ambientais.

Historicamente, os sistemas industriais seguiram modelos lineares de produção fundamentados em processos de extração, fabricação, consumo e descarte. Entretanto, esse modelo apresenta limitações

relacionadas ao elevado consumo de recursos, geração de resíduos e aumento das emissões de poluentes. Diante disso, princípios relacionados à sustentabilidade e à economia circular passaram a ocupar papel central no desenvolvimento de novos sistemas produtivos (Leong et al., 2021).

Nesse contexto, a biotecnologia emerge como importante ferramenta para o desenvolvimento sustentável, especialmente pela capacidade de integrar inovação científica aos processos industriais. Segundo Marques et al. (2025), a biotecnologia aplicada aos modelos circulares possibilita a regeneração de recursos, valorização de resíduos e redução da dependência de matérias-primas fósseis, contribuindo para cadeias produtivas mais sustentáveis.

Na indústria alimentícia, a utilização de ferramentas biotecnológicas tem se expandido por meio da aplicação de processos fermentativos, utilização de microrganismos, tecnologias enzimáticas e reaproveitamento de resíduos agroindustriais. Essas estratégias promovem aumento da eficiência produtiva e redução dos impactos ambientais decorrentes dos processos convencionais. Estudos demonstram que resíduos anteriormente considerados descartáveis podem ser transformados em produtos de alto valor agregado por meio de processos biotecnológicos, fortalecendo os princípios da bioeconomia circular (Banu; Sharmila, 2023).

Além disso, a valorização de resíduos alimentares tornou-se tema de grande relevância científica, considerando os elevados índices de perdas observados globalmente. Mouat (2022) destaca que tecnologias biotecnológicas aplicadas à redução de desperdícios alimentares apresentam potencial significativo para minimizar impactos ambientais e ampliar a sustentabilidade das cadeias produtivas, embora desafios tecnológicos e econômicos ainda estejam presentes para aplicação em larga escala.

A fermentação biotecnológica também se destaca como estratégia sustentável por possibilitar a transformação de resíduos agroalimentares em compostos bioativos, enzimas, proteínas e outros produtos de interesse industrial. Estudos recentes evidenciam que tais processos favorecem a reutilização de recursos e a redução de emissões de gases de efeito estufa, fortalecendo sistemas alimentares sustentáveis (Krawczyk et al., 2026).

Diante desse contexto, torna-se fundamental compreender o papel da biotecnologia como instrumento estratégico para a sustentabilidade da indústria alimentícia. Assim, este capítulo tem como objetivo discutir estratégias biotecnológicas voltadas à redução dos impactos ambientais e à otimização produtiva, destacando sua contribuição para modelos industriais mais sustentáveis, inovadores e alinhados aos princípios da economia circular.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE PESQUISA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, de caráter descritivo e exploratório, desenvolvida por meio de revisão bibliográfica narrativa. Segundo Gil (2019), a pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de materiais já publicados, permitindo ao pesquisador ampliar o conhecimento sobre determinado tema e analisar diferentes perspectivas científicas relacionadas ao objeto investigado. Esse tipo de abordagem possibilita a compreensão ampla dos avanços, aplicações e desafios da biotecnologia aplicada à sustentabilidade na indústria alimentícia.

A pesquisa exploratória busca proporcionar maior familiaridade com o problema investigado, tornando-o mais explícito e permitindo o aprofundamento de conhecimentos sobre temas ainda em desenvolvimento (Gil, 2019). Além disso, estudos descritivos têm como finalidade apresentar características, relações e fenômenos observados em determinado contexto científico (Prodanov; Freitas, 2013).

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A construção deste capítulo ocorreu por meio do levantamento e análise de produções científicas relacionadas à aplicação da biotecnologia como estratégia para redução de impactos ambientais e otimização produtiva na indústria alimentícia. Foram consultadas publicações científicas nacionais e internacionais disponíveis em bases de dados eletrônicas amplamente utilizadas na área acadêmica, como Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, ScienceDirect e Google Scholar.

Para a realização das buscas, foram empregados descritores em português e inglês, combinados por operadores booleanos, tais como: “biotecnologia”, “sustentabilidade”, “indústria alimentícia”, “economia circular”, “biotechnology”, “food industry”, “environmental sustainability” e “circular economy”.

De acordo com Marconi e Lakatos (2021), o levantamento bibliográfico representa uma etapa fundamental do processo científico, pois permite identificar, selecionar e analisar conhecimentos previamente produzidos, favorecendo a construção de discussões consistentes e embasadas teoricamente.

2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Como instrumento metodológico, utilizou-se a análise documental e bibliográfica de artigos científicos, capítulos de livros, dissertações, teses e documentos institucionais relacionados à temática. Segundo Severino (2018), a análise bibliográfica permite interpretar informações já existentes e construir novos entendimentos científicos a partir da sistematização dos dados disponíveis.

Foram adotados critérios de inclusão relacionados à pertinência temática, atualidade das publicações e relevância científica. Priorizaram-se estudos publicados preferencialmente nos últimos dez anos, sem excluir trabalhos clássicos considerados fundamentais para compreensão dos conceitos abordados.

Como critérios de exclusão, foram desconsiderados estudos duplicados, publicações sem relação direta com o tema e materiais sem rigor metodológico claramente descrito.

2.4 AMOSTRA E ANÁLISE DOS DADOS

A amostra do estudo foi composta por publicações científicas selecionadas conforme os critérios previamente estabelecidos, abrangendo pesquisas relacionadas às aplicações biotecnológicas em processos industriais sustentáveis, reaproveitamento de resíduos agroindustriais, bioeconomia circular e tecnologias voltadas à eficiência produtiva.

A análise dos dados ocorreu por meio da leitura exploratória, seletiva, analítica e interpretativa do material identificado. Conforme Marconi e Lakatos (2021), esse processo permite organizar as informações coletadas, identificar convergências teóricas e estabelecer relações entre os conhecimentos disponíveis.

2.5 FUNDAMENTAÇÃO METODOLÓGICA DA DISCUSSÃO

A discussão foi fundamentada na análise crítica dos estudos selecionados, buscando compreender de que forma as ferramentas biotecnológicas vêm contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para a otimização dos processos produtivos na indústria alimentícia. Conforme Severino (2018), a interpretação crítica dos dados possibilita a construção de conhecimento científico mais consistente, ultrapassando descrições meramente informativas.

Assim, a metodologia adotada permitiu reunir evidências científicas relevantes sobre a contribuição da biotecnologia para o desenvolvimento de práticas sustentáveis na indústria alimentícia, possibilitando uma análise abrangente acerca de seus benefícios, aplicações e desafios contemporâneos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados na literatura evidenciam que a biotecnologia tem assumido papel estratégico na transformação dos sistemas produtivos da indústria alimentícia, especialmente no desenvolvimento de processos mais sustentáveis, eficientes e alinhados às exigências ambientais contemporâneas. As pesquisas analisadas demonstram que a aplicação de tecnologias biotecnológicas contribui para a redução do desperdício, reaproveitamento de resíduos, diminuição da emissão de poluentes e otimização dos processos produtivos industriais.

Nas últimas décadas, a crescente preocupação com os impactos ambientais decorrentes dos modelos industriais tradicionais impulsionou a busca por alternativas sustentáveis. O setor alimentício, por demandar

grande volume de matérias-primas, água e energia, apresenta desafios importantes relacionados à geração de resíduos e ao uso racional dos recursos naturais. Nesse contexto, a biotecnologia surge como importante ferramenta para promover sistemas produtivos mais eficientes e menos agressivos ao meio ambiente (Leong et al., 2021).

Diversos estudos apontam que resíduos agroindustriais, anteriormente considerados materiais sem valor econômico, passaram a ser reconhecidos como fontes potenciais para a produção de compostos de interesse industrial. Segundo Banu e Sharmila (2023), tecnologias biotecnológicas têm permitido a conversão desses resíduos em bioenergia, enzimas, biomateriais e compostos bioativos, promovendo maior aproveitamento dos recursos disponíveis e reduzindo impactos ambientais.

Tabela 1 – Principais aplicações da biotecnologia e seus impactos na indústria alimentícia

Aplicação biotecnológica	Finalidade	Benefícios ambientais e produtivos
Processos fermentativos	Produção de compostos industriais	Redução de resíduos e aumento da eficiência produtiva
Uso de enzimas industriais	Otimização de processos alimentares	Menor consumo energético e redução de produtos químicos
Reaproveitamento de resíduos agroindustriais	Produção de novos insumos	Redução do desperdício e valorização de subprodutos
Bioinsumos e biomoléculas	Desenvolvimento sustentável	Menor impacto ambiental e redução de resíduos
Uso de microrganismos industriais	Produção e transformação biológica	Aumento do rendimento e eficiência produtiva

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os dados apresentados demonstram que diferentes aplicações biotecnológicas podem atuar em etapas distintas da cadeia produtiva, proporcionando ganhos ambientais e econômicos simultaneamente. Entre essas aplicações, destacam-se os processos fermentativos, amplamente utilizados na produção de alimentos, enzimas e compostos bioativos.

A fermentação representa uma das tecnologias biotecnológicas mais antigas empregadas pela humanidade e atualmente possui aplicações industriais diversificadas. Conforme Krawczyk et al. (2026), processos fermentativos possibilitam a conversão de resíduos alimentares em produtos de alto valor agregado, contribuindo significativamente para a redução de perdas produtivas e fortalecimento dos princípios da economia circular.

A economia circular constitui um modelo produtivo baseado na reutilização, regeneração e reaproveitamento de recursos. Diferentemente do sistema linear tradicional, esse modelo busca manter materiais e recursos em circulação pelo maior tempo possível. Segundo Geissdoerfer et al. (2017), a economia circular representa uma alternativa sustentável capaz de integrar crescimento econômico, preservação ambiental e eficiência produtiva.

Nesse sentido, a integração entre biotecnologia e economia circular vem ampliando possibilidades de inovação na indústria alimentícia. Estudos recentes indicam que subprodutos agroindustriais, como cascas, sementes, resíduos vegetais e materiais orgânicos descartados, podem ser transformados em biomoléculas de elevado valor comercial.

Tabela 2 – Estratégias biotecnológicas associadas à sustentabilidade industrial

Estratégia	Aplicação industrial	Impactos observados
Bioconversão de resíduos	Transformação de subprodutos	Redução de descarte ambiental
Produção enzimática	Processamento industrial	Redução do uso de compostos químicos
Bioprocessos sustentáveis	Produção alimentícia	Economia de energia e recursos
Aproveitamento de biomassa	Produção de bioinsumos	Maior eficiência produtiva
Tecnologias microbianas	Produção de compostos industriais	Redução de impactos ambientais

Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os resultados da literatura também evidenciam que o uso de enzimas industriais apresenta vantagens importantes quando comparado aos métodos convencionais. Segundo Schilling e Weiss (2021), processos baseados em enzimas tendem a exigir menor temperatura operacional, reduzir consumo energético e minimizar a utilização de substâncias químicas potencialmente poluentes.

Além dos benefícios ambientais, observa-se impacto positivo na produtividade industrial. A adoção de tecnologias biotecnológicas favorece maior controle dos processos, redução de perdas durante a produção e aumento da qualidade dos produtos finais. Esses fatores podem gerar ganhos econômicos importantes para as indústrias, fortalecendo sua competitividade e sustentabilidade.

Entretanto, apesar dos avanços observados, a literatura também aponta desafios relacionados à implementação dessas tecnologias em larga escala. Custos de implantação, necessidade de infraestrutura especializada, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e limitações técnicas ainda representam obstáculos para ampla adoção de determinados processos biotecnológicos (Mouat, 2022).

Outro aspecto identificado refere-se à necessidade de integração entre políticas públicas, instituições científicas e setor industrial. Segundo Leong et al. (2021), a transição para modelos produtivos sustentáveis exige estratégias interdisciplinares capazes de unir inovação tecnológica, viabilidade econômica e responsabilidade ambiental.

Dessa forma, os achados indicam que a biotecnologia possui grande potencial para transformar a indústria alimentícia, promovendo sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis. Entretanto, para que seus benefícios sejam ampliados, torna-se necessário fortalecer investimentos em pesquisa, desenvolvimento tecnológico e políticas voltadas à implementação de soluções inovadoras no setor produtivo.

As evidências encontradas reforçam que a aplicação de ferramentas biotecnológicas não se limita apenas ao aumento da produtividade, mas representa uma importante estratégia para redução dos impactos ambientais, fortalecimento da economia circular e construção de modelos industriais mais sustentáveis.

4 CONCLUSÃO

O presente capítulo teve como objetivo analisar a contribuição da biotecnologia para a promoção da sustentabilidade na indústria alimentícia, enfatizando estratégias voltadas à redução dos impactos ambientais e à otimização dos processos produtivos. A partir da revisão da literatura científica, buscou-se compreender como ferramentas biotecnológicas vêm sendo incorporadas aos sistemas industriais e de que forma essas aplicações contribuem para modelos produtivos mais sustentáveis, eficientes e alinhados às demandas ambientais contemporâneas.

Os resultados encontrados evidenciaram que a biotecnologia possui papel estratégico no desenvolvimento de soluções capazes de transformar processos industriais tradicionais. Entre os principais achados identificados destacam-se a utilização de processos fermentativos, aplicação de enzimas industriais, uso de microrganismos e reaproveitamento de resíduos agroindustriais como alternativas promissoras para redução do desperdício, diminuição da emissão de poluentes, otimização do consumo de recursos naturais e aumento da eficiência produtiva. Além disso, observou-se que essas tecnologias favorecem a valorização de subprodutos industriais, fortalecendo princípios relacionados à economia circular e ao desenvolvimento sustentável (Leong et al., 2021).

Verificou-se ainda que a integração entre biotecnologia e sustentabilidade apresenta benefícios que ultrapassam os aspectos ambientais, alcançando ganhos econômicos e produtivos para o setor alimentício. A implementação de processos mais eficientes pode contribuir para redução de custos operacionais, aumento da competitividade industrial e desenvolvimento de produtos com maior valor agregado. Esses resultados corroboram estudos que apontam a biotecnologia como importante ferramenta para a construção de sistemas industriais mais resilientes e sustentáveis (Schilling; Weiss, 2021).

Como contribuição científica, este estudo reúne e sistematiza evidências atuais sobre aplicações biotecnológicas na indústria alimentícia, oferecendo uma visão integrada acerca de estratégias voltadas à redução dos impactos ambientais e à otimização produtiva. Além disso, a pesquisa amplia discussões relacionadas à adoção de modelos produtivos sustentáveis e ao fortalecimento da bioeconomia circular, temática que vem ganhando crescente relevância acadêmica e industrial.

Entretanto, apesar do potencial identificado, a literatura analisada demonstra a existência de desafios relacionados à implementação dessas tecnologias em larga escala. Barreiras econômicas, necessidade de infraestrutura especializada e investimentos contínuos em pesquisa e inovação ainda constituem fatores limitantes para sua ampla adoção (Mouat, 2022).

Dessa forma, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem investigações sobre a viabilidade econômica e operacional de tecnologias biotecnológicas aplicadas à indústria alimentícia, especialmente em contextos de pequena e média escala. Recomenda-se ainda o desenvolvimento de estudos experimentais que avaliem a eficiência de novas tecnologias sustentáveis e sua aplicabilidade em diferentes segmentos da cadeia produtiva de alimentos.

Conclui-se, portanto, que a biotecnologia representa uma importante aliada para a transformação sustentável da indústria alimentícia, constituindo ferramenta essencial para o desenvolvimento de práticas produtivas inovadoras, ambientalmente responsáveis e capazes de atender às demandas atuais e futuras da sociedade.

REFERÊNCIAS

- BANU, J. R.; SHARMILA, V. G. Sustainable valorization of food waste and agro-industrial residues through biotechnological approaches: a review. *Sustainable Energy & Fuels*, v. 7, n. 14, p. 3197–3217, 2023.
- GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N. M. P.; HULTINK, E. J. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v. 143, p. 757–768, 2017.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.
- LEONG, H. Y.; CHANG, C. K.; KHOO, K. S. et al. Waste biorefinery towards a sustainable circular bioeconomy: a solution to global issues. *Biotechnology for Biofuels*, v. 14, art. 87, 2021. DOI: 10.1186/s13068-021-01939-5.
- MOUAT, M. Food waste and biotechnology: opportunities and sustainability challenges in circular systems. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, v. 37, p. 100673, 2022.
- MUSCAT, A.; DE OLDE, E. M.; RIPOLL-BOSCH, R. et al. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food*, v. 2, p. 561–566, 2021.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- SCHILLING, M.; WEISS, M. Industrial biotechnology and sustainable resource management: advances and perspectives. *Current Opinion in Biotechnology*, v. 69, p. 83–90, 2021.
- SEVERINO, Antônio Joaquim. *Metodologia do trabalho científico*. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2018.
- TAN, E. C. D.; LAMERS, P. Circular bioeconomy concepts: a perspective. *Frontiers in Sustainability*, v. 2, 2021.