

BIOTECNOLOGIAS APLICÁVEIS À INDÚSTRIA DE BEBIDAS DO BRASIL E MUNDO PARA SUSTENTABILIDADE: REVISÃO DE ESCOPO

APPLICABLE BIOTECHNOLOGIES FOR THE BEVERAGE INDUSTRY IN BRAZIL AND WORLDWIDE FOR SUSTAINABILITY: SCOPING REVIEW

BIOTECNOLOGÍAS APLICABLES A LA INDUSTRIA DE BEBIDAS DE BRASIL Y DEL MUNDO PARA LA SOSTENIBILIDAD: REVISIÓN DE ALCANCE

Jaqueline Santos Vieira¹
David Vieira dos Santos²
Valdir Silva da Conceição³
Ruirógeres dos Santos Cruz⁴
Maria Emília Camargo⁵

Resumo

O objetivo desta pesquisa é mapear biotecnologias aplicáveis à indústria de fabricação de bebidas, com foco na inovação sustentável, analisando tendências globais e adaptações no contexto brasileiro, com o intuito de identificar oportunidades e desafios desse segmento econômico. A revisão de Escopo para o mapeamento científico, tecnológico e análise empírica dos dados da Pesquisa de Inovação PINTEC (2011, 2014, 2017 e 2023) dos fabricantes de bebidas do Brasil, por meio de uma análise estatística descritiva e uma análise de contingência e correspondência. Nos últimos dez anos, o primeiro ciclo, de 2015 a 2019, foi superior ao segundo, de 2020 a 2024, devido à redução de produção científica e tecnológica, respectivamente, de 4% e 24%. A biotecnologia contribui para a cadeia produtiva de bebidas, sendo que no Brasil ela está sendo empregada em seis temas materiais ambientais de relevância.

Palavras-chave: bebidas; biotecnologia; indústria.

Abstract

The objective of this research is to map applicable biotechnologies for the beverage manufacturing industry, focusing on sustainable innovation, analyzing global trends and adaptations in the Brazilian context, to identify opportunities and challenges in this economic segment. The scope review for scientific and technological mapping and empirical analysis of data from the PINTEC Innovation Survey (2011, 2014, 2017, and 2023) of beverage manufacturers in Brazil, through descriptive statistical analysis and contingency and correspondence analysis. In the last ten years, the first cycle, from 2015 to 2019, was higher than the second, from 2020 to 2024, due to a reduction in scientific and technological production of 4% and 24%, respectively. Biotechnology contributes to the beverage production chain, and in Brazil, it is being used in six relevant environmental material themes.

Keywords: Beverage; biotechnology; industry.

¹ Doutoranda em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-1604-8645. E-mail: jaquelinevieira@gmail.com.

² Doutorando em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0009-0006-6272-046X. E-mail: davidvsantos12@gmail.com.

³ Doutorando em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-002-4199-5521. E-mail: valdirconceicao@gmail.com.

⁴ Mestrando em Ciência da Propriedade Intelectual (PPGPI), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0009-0002-0070-2574. E-mail: ruicruz_14@hotmail.com.

⁵ Doutora em Engenharia da Produção (UFSC), Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, Sergipe, Brasil. ORCID: 0000-0002-3800-2832. E-mail: mekamargo@gmail.com.

Resumen

El objetivo de esta investigación es mapear biotecnologías aplicables a la industria de fabricación de bebidas, con un enfoque en la innovación sostenible, analizando tendencias globales y adaptaciones en el contexto brasileño, con el fin de identificar oportunidades y desafíos de este segmento económico. La Revisión de Alcance se empleó para el mapeo científico y tecnológico, así como para el análisis empírico de los datos de la Encuesta de Innovación PINTEC (2011, 2014, 2017 y 2023) de los fabricantes de bebidas de Brasil, mediante un análisis estadístico descriptivo y un análisis de contingencia y correspondencia. En los últimos diez años, el primer ciclo, de 2015 a 2019, fue superior al segundo, de 2020 a 2024, debido a la reducción de la producción científica y tecnológica, del 4% y 24%, respectivamente. La biotecnología contribuye a la cadena productiva de bebidas, y en Brasil se está empleando en seis temas materiales ambientales de relevancia.

Palabras clave: bebidas; biotecnología; industria.

1 Introdução

Wang *et al.* (2019) salientam que a tecnologia verde faz parte da inovação verde. Essa inovação está muito ligada a reduzir as mudanças climáticas e à transformação da indústria para uma mais sustentável. Barbieri, Perruchas e Consoli (2020) afirmam que usar a tecnologia verde para diminuir ou evitar os problemas que a produção industrial causa ao meio ambiente significa desafiar as estruturas produtivas já estabelecidas.

Nesse sentido, a biotecnologia surge como uma vertente promissora da inovação verde. Pollegioni, Tonin e Rosini (2015) enfatizam que a biotecnologia verde desempenha um papel relevante na diminuição da dependência de reservas fósseis e na ampliação da utilização de materiais renováveis. Ademais, a biotecnologia viabiliza a aplicação de microrganismos na remoção de contaminantes de águas residuais industriais, além da capacidade desses microrganismos de sintetizar nanopartículas destinadas à produção de nanomateriais ecológicos (Seed *et al.*, 2022). De acordo com Arias *et al.* (2023), uma das soluções mais promissoras para lidar com a degradação ambiental e a gestão de resíduos é o desenvolvimento de processos biotecnológicos.

A biotecnologia se refere a qualquer tecnologia que emprega sistemas biológicos, organismos vivos ou seus produtos derivados, para produzir ou alterar produtos ou processos destinados a um uso específico (Portaria n.º 5.365/2021). Trata-se do uso da ciência e tecnologia em organismos vivos, bem como às suas partes, produtos ou protótipos, com o objetivo de modificar o material vivo ou inerte para gerar conhecimentos, bens ou serviços (PINTEC, 2017).

No estudo de Vanholme *et al.* (2013), a biotecnologia vegetal é categorizada como “verde” por se tratar do aprimoramento das culturas de biomassa, enquanto a biotecnologia industrial é categorizada como “branca” e lida com a conversão da biomassa em produtos e energia. O relatório de mapeamento de tecnologias disruptivas para as indústrias brasileiras, produzido pela Confederação das Indústrias do Brasil (CNI/IEL, 2018), destaca a biotecnologia

como uma tecnologia disruptiva para o futuro do setor industrial brasileiro. Com base na previsão para a indústria em 2027, a biotecnologia verde é direcionada para a agricultura e a produção de alimentos, além de causar impactos disruptivos a curto prazo na agroindústria.

Além disso, o Plano de Transformação Ecológica – Novo Brasil, publicado em 2024, é referência a biotecnologia para alavancar a indústria, a agricultura e outras áreas para impulsionar o desenvolvimento sustentável e tecnológico do país. No que diz respeito ao adensamento tecnológico da biotecnologia na indústria de fabricação de bebidas, Malakar, Paul e Pou (2020) afirmam que o aprimoramento de bebidas funcionais, o realce do sabor, a biopreservação, os probióticos, a agregação de valor e a modificação enzimática são exemplos do uso da biotecnologia nesse setor industrial.

Em relação às aplicações da biotecnologia na indústria de bebidas, Praveen e Brogi (2025) ressaltam as oportunidades da fermentação microbiana para a conservação de alimentos e bebidas, o aprimoramento do sabor, intensificação da textura e diversidade nutricional. Perveen *et al.* (2023) destacaram como demanda emergente da biotecnologia para a indústria de bebidas: o desenvolvimento de materiais de embalagem comestíveis para commodities líquidas.

Além da produção, a biotecnologia também aborda resíduos, Najar-Almanzor *et al.* (2024) ressaltam a biotecnologia na aplicação de microalgas para biorremediação de efluentes substanciais, em uma estrutura de economia circular. As águas residuais são efluentes, os resíduos líquidos provenientes de diversas atividades ou processos (CONAMA n.º 430/2011), incluindo os provenientes da indústria.

De acordo com a Pesquisa de Inovação - PINTEC 2023, são processos e técnicas de biotecnologia a fermentação usando biorreatores; o bioprocessamento, biodescolorização ou branqueamento, a biolixiviação; a biofiltração, a fitorremediação, entre outras, o que indica que a biotecnologia oferece ferramentas para enfrentar desafios ambientais.

Por fim, dado que a biotecnologia possui usos específicos em determinados setores (CNI/IEL-2018), o objetivo deste estudo é mapear e identificar biotecnologias aplicáveis à indústria de fabricação de bebidas, com ênfase na inovação verde. Analisaremos tendências globais e adaptações no cenário brasileiro, com o intuito de identificar as oportunidades e desafios dessas indústrias.

2 Métodos

A revisão de literatura utiliza uma metodologia qualitativa, como uma Revisão de Escopo, com critérios de inclusão e exclusão. A pesquisa é feita em bases de dados científicas

e tecnológicas. Além disso, incorpora as abordagens quantitativas da Bibliometria, utilizando os softwares R e Rstudio, da Patenteometria utilizando o software Orbit Intelligence da Questel, e análise empírica dos dados das publicações da Pesquisa de Inovação Semestral (PINTEC) - da indústria da fabricação de bebidas do Brasil, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0.

São duas bases de dados científicas, a base Scopus e a base Web of Science, cuja escolha se justifica por serem plataformas muito abrangentes em múltiplos temas no âmbito dos periódicos científicos. A plataforma de dados tecnológicos Orbit Intelligence foi selecionada devido à facilidade de acesso de discentes da Universidade Federal de Sergipe, pela agência licenciada de inovação tecnológica da instituição.

No que diz respeito à obtenção de dados científicos, foi realizada por meio de palavras-chave nos idiomas português, inglês e espanhol, utilizando o operador booleano “AND” entre os termos, como “bebidas AND biotecnologia AND indústria” - “bebidas AND biotecnología AND industria” - “beverage AND biotechnolog* AND industr*” com o uso do asterisco “*” para identificar variações de singular e plural.

Além disso, foram realizadas buscas por termos nos três idiomas de algumas bebidas de produção de bebidas tradicional associadas a biotecnologia, como o vinho, cerveja, iogurte, cachaça e sucos/*wine, beer, yogurt, cachaça e juices/vino, cerveza, yogur, cachaça y zumos*, considerando que o termo cachaça é específico para a bebida no Brasil e no exterior, o que não pode ser confundida como aguardente.

A patenteometria para busca de dados tecnológicos do tipo de propriedade intelectual de patentes protegidas nos escritórios de propriedade industrial de cada país ou em escritórios regionais da OMPI, por exemplo. Dessa forma, a busca de patentes combina termos nos três idiomas como “bebidas AND biotecnologia AND indústria” “beverage AND biotechnology AND industry”/ “bebidas AND biotecnología AND indústria”. Como também, “biotechnology OR biotechnologies AND Wine” e demais tipos de bebidas. Com o uso da plataforma Orbit Intelligence é possível identificar as tecnologias ambientais associadas ao uso da biotecnologia.

A pesquisa documental visa identificar algumas iniciativas do governo do Brasil para o desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovação (C,T&I), para uso estratégico da propriedade intelectual. Busca-se identificar as políticas de governo e editais de fomento à C,T&I, as chamadas públicas da FINEP, por meio de recursos reembolsáveis e não reembolsáveis.

Por último, a utilização de dados secundários da Pesquisa de Inovação (PINTEC) de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, sobre o uso da

biotecnologia e participação dela para as empresas realizarem inovação ambiental, o que remete a temas materiais específicos. O período de análise da PINTEC compreende os anos de 2011, 2014, 2017 e 2023 e a coleta de dados da indústria de transformação, do enquadramento da classificação da atividade econômica de fabricação de bebidas (CNAE 11), com tipos de pesquisa por amostragem probabilística e método de amostragem estratificada desproporcional.

Além disso, para análise dos dados da PINTEC, foi utilizada a estatística descritiva e uma análise de contingência e correspondência simples.

3 Resultados e discussão

O mapeamento científico evidenciou que o Brasil é o segundo país em publicações científicas sobre o uso da biotecnologia na fabricação de bebidas, sendo que a Universidade de São Paulo (1ª posição), a Universidade Federal de Ouro Preto (5ª posição) e a Universidade Federal de Lavras (9ª posição) ocupam lugares de destaque no ranking de publicações sobre o tema, voltadas principalmente em três subáreas, a bioquímica (22,9%), a engenharia química (16,7%) e ciências ambientais (16,7%).

A busca nas plataformas científicas e a aplicação dos métodos de exclusão recuperaram dados globais de 165 artigos e revisões e dados parciais da produção científica do Brasil, totalizando 23 artigos e revisões. De acordo com o período de produção científica de 2015 a 2024, o total de 92 artigos e revisões indicou pequena redução nas publicações de 4%, considerando o total de 48 artigos publicados no período de 2015 a 2019 em relação aos 44 artigos publicados entre 2020 e 2024.

O Quadro 1 mostra um mapeamento temático, conforme a frequência das palavras-chave e grau de interesse dos pesquisadores, para um comparativo “Mundo e Brasil”, através da análise bibliométrica, das palavras-chave utilizadas pelos autores.

Quadro 1: Mapeamento Temático Comparativo Mundo e Brasil

Temas	Mundo	Brasil
Temas Motores	Biorrefinaria para produção de carvão ativado e ácido láctico; PCR; bacilo e comunidade microbiana; tipos de fermentação e resíduos agroindustriais; biocombustíveis; e etanol, biomassa e hidrólise enzimática	Aplicações biotecnológicas em cachaça
Temas Básicos	Biorremediação	Fermentação e levedura de cerveja
Temas de Nicho	Hidromel e Bebidas Fermentadas	Produção de biocombustível, fermentação e leveduras não- <i>saccharomyces</i>
Temas Emergentes	Engenharia Metabólica e Eritrol	Biorremediação

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

É importante salientar que a biorremediação já é reconhecida como um tema básico em âmbito global para as aplicações biotecnológicas, enquanto o Brasil se apresenta como um tema emergente. Ademais, o uso da biotecnologia para a produção de biocombustíveis estimula as pesquisas a nível global, sendo um tema de nicho, no contexto brasileiro, o que também evidencia um atraso em matéria de exploração do potencial de tratamento e o aproveitamento dos resíduos no país. Por outro lado, as bebidas fermentadas constituem um tema de especialidade mundial; no Brasil, destaca-se o interesse pela fermentação e pelas leveduras não *saccharomyces*, de forma específica.

Com base no número total de artigos, observa-se uma variedade de áreas em que a biotecnologia se destaca. No Brasil, a cachaça, uma bebida tipicamente brasileira e de grande importância para a economia regional e nacional, é um dos principais exemplos. Para melhor aprofundamento do tema, algumas bebidas serão foco de estudo, como o vinho, a cerveja, iogurtes, sucos e a cachaça. No que tange à cachaça, o objeto de investigação primordial é a aplicação biotecnológica da *saccharomyces cerevisiae*, empregada na fabricação de cachaça. Além disso, a produção de cachaça também está ligada ao tema bioetanol.

Cabe ressaltar ainda que cada tipo de levedura pode ser registrado como Microrganismo Geneticamente Modificado - OGM e protegido por banco de dados como o *Saccharomyces* Genome Database (SGD). A autorização comercial para alimentos e biocombustíveis no Brasil é atribuição da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CNTBio. No histórico de utilização segura dessa levedura para a produção de pães, vinhos e cerveja, é mais recente, na produção de etanol, sobretudo no Brasil (CNTBio, 2020).

Sobre o vinho, o uso da biotecnologia na fermentação é um assunto importante e impulsiona as pesquisas. As pesquisas realizadas entre 2015 e 2019 estão ligadas à genética e à química. Na progressão do tema, o foco anterior foi expandido de 2020 a 2024, concentrando-se no processamento de alimentos e na utilização da *saccharomyces cerevisiae*. Os tópicos que interligam a biomassa, a indústria de alimentos e as composições químicas são considerados temas de nicho.

No que diz respeito à cerveja, as aplicações da biotecnologia entre 2015 e 2019 se concentraram nas atividades enzimáticas, fenótipos e na levedura *Saccharomyces cerevisiae*. No entanto, o panorama alterou-se nos últimos cinco anos, de 2020 a 2024, com uma ênfase maior na produção da cerveja, na proteína fúngica (*Saccharomyces cerevisiae*), na identificação de fungos, de leveduras do tipo não-*Saccharomyces*, as quais são direcionadas às cervejas não alcoólicas.

Nos iogurtes, no ciclo de 2015 a 2019, a fermentação é um tópico preponderante, de menor importância, o valor nutricional e as vitaminas dos produtos. No segundo ciclo de 2020

a 2024, o iogurte passa a ter mais relevância pela ação dos microrganismos e capacidade de nutrição. Já os sucos contam com a biotecnologia no período de 2015 e 2019, aliada à fermentação em grande escala, das atividades antioxidantes, das enzimas e da microbiologia. De 2020 a 2024, com a biotecnologia, foi possível incorporar no suco os atributos anteriores.

O processo de fabricação de *drinks* e refrigerantes conta com a biotecnologia, de primeira ordem na fermentação, e outras aplicações biotecnológicas para o meio ambiente, como nas composições químicas para tecnologia ambiental, o uso da microscopia eletrônica para a identificação de bactérias de ácido lácticas para os processos de biorremediação e o tratamento de águas residuais.

Pela patenteometria foram identificadas patentes com a denominação de “biotecnologias verdes” com o uso da classificação internacional de patentes C12N, C12R, que envolvem os microrganismos e processos diversos, bem como o IPC A01N, sobre a preservação de corpos humanos, animais ou plantas, como biocidas, desinfetantes, herbicidas. Algumas patentes e IPCs voltados para a fabricação de alimentos voltadas para tecnologias ambientais no uso da biotecnologia foram mapeados e identificados.

Na fabricação de vinho, nos lugares de armazenamento, como adegas, por exemplo, proliferam-se microrganismos como leveduras, lactobacilos e similares. Nesse contexto, a associação da biotecnologia e tecnologias ambientais pode ser exemplificada pela patente n.º CN110510751, publicada em 2019, que se trata de agente biológico (oriundo do vinho) de cultivo rápido de bactérias aplicado a um sistema de tratamento de esgoto doméstico; no campo da engenharia genética a biotecnologia possibilitou o desenvolvimento alimentos que contém aditivos como o produto da patente CN116426506, publicada em 2023 - Agente enzimático mutante beta-xilosidade que pode ser aplicada em áreas de produção de vinho e outras como a cerveja. A primeira tecnologia verde está sob o domínio sob IPC C02F (tratamento de água, águas residuais ou lodo) e uso de microrganismos (C12N); a segunda IPC C02F 3/34 – pelo uso de microrganismos no tratamento de águas residuais para preparação de outras bebidas alcoólicas, por fermentação (IPC C12G 3/02).

Em relação à produção de cerveja, a patente de país prioritário Rússia n.º WO2021/215967 demonstra o uso da biotecnologia para recuperação de levedura de cerveja usada para produção de fertilizante, entre as classificações, o uso do tratamento anaeróbio e a produção de metano (C02F 011/04).

Conforme o Quadro 2, a segunda patente n.º RU207707, que desenvolve um reator (fermentador) de biomassa de substratos de *pellets* de cerveja, associa a biotecnologia, a bioenergia e métodos de processamento de alimentos que possibilitam reaproveitar os resíduos

para produção de biogás, utilizando, por exemplo, o IPC C02F 011/04 e o IPC C12F 003/06, destinado à recuperação de subprodutos da cerveja e do vinho. Por fim, a tecnologia n.º EP4337608, protegida em mais de 20 países e como país prioritário, a França, que atua no tratamento efluentes industriais com o uso de microrganismos biológicos com aplicações diversas como processos de transformação industrial ou bioprocessos envolvendo um processo de fermentação de vinificação, da produção de cerveja, entre outros (Sylvain; François, 2021). Essa tecnologia utiliza ao IPC B01 053/00, purificação biológica de gases residuais; tratamento de águas residuais (IPC C02F 001/00) e com ajuste de pH (IPC 001/66) entre outros.

Quadro 2: Tecnologias ambientais da produção de cerveja

Patente	Publicação	Descrição
WO2021/215967	2020	Método para processamento anaeróbico de levedura de cerveja usada em um tanque de digestão
RU207707	2021	Dispositivo para processar grãos de cerveja em biogás
EP4337608	2021	Suspensão antiespumante de hidróxido de magnésio

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

Em relação à produção de iogurte, cabe destacar a patente americana protegida em mais de dez países, n.º US20200140806 - Bactérias de qualidade alimentar para remoção de compostos tóxicos, que segundo Bisanz *et al.* (2013), pode ter como veículo aceitável, bebidas na forma de leite ou porções dele, incluindo o iogurte. Essa tecnologia tem a associação de quatro domínios técnicos, como a biotecnologia, a tecnologia ambiental, a química básica de materiais, a química de alimentos e produtos farmacêuticos. Alguns códigos de IPC, como B01D e C12N estão presentes.

A patente com prioridade na Alemanha e com cobertura em outros países, inclusive no Brasil, sob o n.º WO2018/091004, publicada em 2016, foca no aproveitamento dos resíduos líquidos e sólidos do processamento da cana-de-açúcar para evitar a poluição ambiental para criação de novos produtos, como fertilizantes, preparação de suco e/ou vinhaça da produção de bioetanol e/ou água residual da produção de levedura, por meio de um processo biotecnológico de múltiplos estágios (Auerbach, 2016). Essa tecnologia está associada a diversas aplicações do IPC C02F.

A respeito do aproveitamento de resíduos da cachaça são encontrados sob o IPC C05F 5/00, como a patente BR 10 2020 012903 1, publicada em 2020 - Fertilizante líquido alternativo a base de lodo de curtume associado ao vinhoto de cachaça para adubação foliar de café.

Cabe especialmente analisar o nível de patenteamento com uso da biotecnologia da cachaça, sendo que, no total de 79 patentes, apenas 8 patentes usam a biotecnologia, desses,

apenas 3 patentes foram depositadas entre 2015 e 2024. A tecnologia para a fabricação de cachaça de resíduos comumente descartados da produção de cana-de-açúcar encontra-se na patente n.º BR 102022000627-0, publicada em 2022.

Duas patentes sobre a cachaça foram indeferidas, sob o n.º BR 102016015220, depositada pela Universidade Estadual de Londrina (UEL) é uma tecnologia para a obtenção de etanol combustível de 1.ª e 2ª gerações ou para controle de contaminantes bacterianos no processo de fermentação alcoólica, e aplicação em processos de fermentação para produção de etanol destinado ao consumo humano, tais como álcool de cereais e de milho, além de bebidas fermentadas e/ou destiladas como cerveja, vinho e cachaça. E a patente n.º BR102018001323, depositada pela Companhia Mueller de Bebidas, constitui-se em um método para produção de bebidas, processo para produção de cachaça, uso de linhagem de *saccharomices cerevisae*, bebida e linhagem de *saccharomices cerevisae*

Em vigência, a patente publicada no Brasil em 2012 e protegida no mercado americano e argentino sob o n.º WO2014/078920 - utiliza a biotecnologia para a criação de um biocida que também se refere a processos de fermentação para a produção de etanol para consumo humano, como álcool de cereais e milho, bem como bebidas fermentadas e/ou destiladas, como cerveja, vinho e cachaça (Mendes, de Araújo e Esteller, 2012).

Para fins de prospecção tecnológica, via patenteometria, a combinação de termos para a busca de patentes “beverage AND biotechnology AND industry” resultou no total de 114 famílias de patentes (invenção ou modelo de utilidade) garantidas e pendentes. Ao comparar dois ciclos de 5 anos, 39 patentes no período de 2015 a 2019 e 24 patentes no período de 2020 a 2024, o que totaliza 63 patentes de 2025 e 2020.

Após excluir algumas patentes que não atenderam ao escopo, o resultado de 97 famílias de patentes foi utilizado para o mapeamento dos domínios tecnológicos de acordo com o Quadro 3, que comportam as tecnologias emergentes e suas aplicações, no contexto da indústria de bebidas, o que indica um ecossistema tecnológico integrado para a produção em escala, mas também a busca por bebidas com identidade e sabor específicos, que são características valorizadas nesse tipo de indústria.

Quadro 3: Mapeamento de Domínios Tecnológicos e aplicações da biotecnologia na fabricação de bebidas

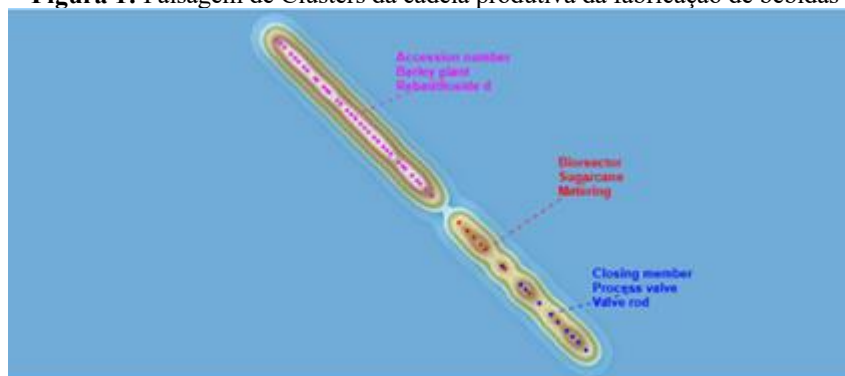
Domínio Tecnológico	Aplicações
Fermentação	Introdução de processos biológicos em bebidas fermentadas.
Uso de microrganismos	A exemplo da " <i>MILCHSAEURE BACTERIUM</i> " (Bactéria de Ácido Lático) e " <i>BACTERIUM</i> " (Bactéria), destaca-se o papel de microrganismos específicos e genéricos nos processos biotecnológicos.
Aminoácidos e	Produção ou o uso de aminoácidos em blocos construtores de proteínas; O uso de

Domínio Tecnológico	Aplicações
Componentes Bioquímicos	Enzimas como ferramentas e matéria-prima, como a "BARLEY" (Cevada); e Base Molecular "NUCLEIC ACID" (Ácido Nucleico, ou seja, DNA e RNA) para a produção de aminoácidos e enzimas, e manipulação de microrganismos.
Produto final e Processos Intermediários	Bebidas são como um produto alimentício e "FERMENTATION BROTH" (Caldo de Fermentação) é um subproduto da fermentação, que pode ser processado para extrair componentes ou ser a base para outros produtos.
Identidade, Sabor e Indústria	Valorização de atributos como "identidade" e "sabor", voltadas para criação de características sensoriais e de autenticidade nos produtos. O que pode ser relacionado ao uso de microrganismos em produtos fermentados.

Fonte: elaborada pelos autores (2025)

Para o mapeamento tecnológico, a Figura 1 é uma "paisagem de clusters de tecnologia" que revela um diagrama conceitual com dois clusters conectados que mostram os diferentes domínios tecnológicos que se interligam na indústria de bebidas, para otimizar a produção e agregar valor à cadeia produtiva. O cluster superior, destacado em cor rosa, com três palavras-chave "Accession number", "Barley plant", "Rebaudioside d". O que se entende como biotecnologia agrícola e compostos bioativos, cujo acesso remete a pesquisas genéticas e moleculares; a planta cevada "Barley plant", voltada para pesquisa em genômica de plantas ou melhoramento genético, importante para as indústrias de cervejarias; e por último o glicosídeo de esteviol "Rebaudioside d", amplamente usado como bioproduto, o adoçante natural. De modo que a inovação desse cluster reside nas atividades de bioengenharia, bioprospecção e genômica vegetal.

Figura 1: Paisagem de Clusters da cadeia produtiva da fabricação de bebidas



Fonte: elaborada pelos autores (2025)

O cluster inferior, identificado por pontos vermelhos, incorpora três termos: "Bioreactor", "Sugarcane" e "Metering". O reator é um dispositivo frequentemente usado em processos biológicos em escala industrial; a cana-de-açúcar ressalta a bioconversão dessa biomassa agrícola; e a medição é crucial na otimização dos processos. Esse cluster representa a dimensão industrial da biotecnologia, pela conversão de biomassa em produtos ou energia por meio de bioprocessos controlados. A inovação está na engenharia de bioprocessos, bioprodutos

e/ou biocombustíveis, além de automação e controle.

A parte inferior desse cluster, marcada com pontos azuis, simboliza a Engenharia de Componentes e Controle de Fluxos. Isso é visto pelos termos “*closing member* (membro de fechamento)”, “*Process valve* (válvula de processo)” e “*Valve rod* (haste da válvula)”. Esses termos falam sobre as válvulas industriais e suas partes. Portanto, esse grupo mostra como a engenharia mecânica e os materiais aplicados são importantes para controlar o fluxo. A novidade está no *design* de válvulas, na automação industrial e na confiabilidade e segurança dos sistemas.

Cabe ressaltar que a Figura 1, paisagem de *clusters* tecnológicos, é uma representação visual da dinâmica da inovação em biotecnologia em conjunto com a engenharia de processos. Os picos observados nos clusters evidenciam as áreas com maior atividade de patenteamento, o que pode ser interpretado como interesse de competidores.

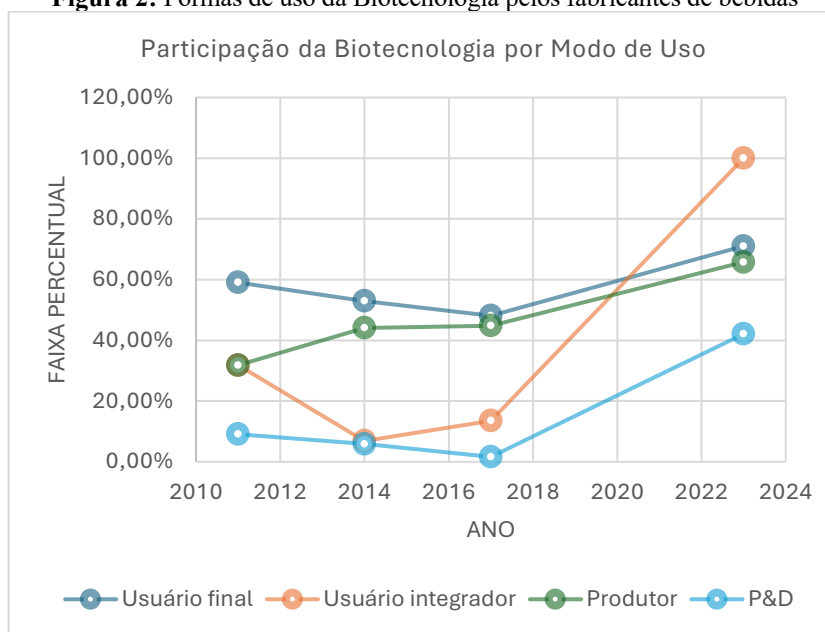
A pesquisa documental contribui para identificar algumas iniciativas do governo brasileiro para o fortalecimento da Ciência, Tecnologia e Inovação, que envolve o estímulo da propriedade intelectual. Como exemplo de subvenções econômicas para empresas, as biotecnologias são necessárias quando aplicadas a temas atuais do meio ambiente, indústria e saúde humana.

O edital Finep n.º18/2022, possibilitou o fomento da pesquisa com empresas e instituições de Ciência e Tecnologia (ICT) para a biotecnologia ambiental e marinha, em que teve iniciativas para o biotratamento de resíduos do setor industrial, agroindustrial e resíduos do setor doméstico, recuperação ambiental, novas ferramentas para acelerar a bioprospecção da biodiversidade para o desenvolvimento de bioprodutos, dentre outras iniciativas.

Além disso, o governo federal brasileiro avança, em 2024, pelo Plano de Transformação Ecológica – Novo Brasil, que estipula aumentar as fontes de financiamento da biotecnologia, principalmente do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT). A Figura 2 mostra a dinâmica da participação dos fabricantes de bebidas no uso da biotecnologia no Brasil e suas formas de uso, como usuário final, usuário integrador, produtor e na pesquisa e desenvolvimento (P&D).

O modo de uso da biotecnologia nas empresas tem sido acompanhado pela PINTEC desde 2011, por quatro categorias distintas: o usuário final (compra/aquisição de produto acabado); usuário integrador de insumos ou processos; produtor de insumos, produtos ou processos; e pesquisa e desenvolvimento de produtos, insumos ou processos, conforme Figura 2.

Figura 2: Formas de uso da Bioteχνologia pelos fabricantes de bebidas



Fonte: elaborada pelos autores (2025)

A média percentual das pesquisas de inovação da categoria é: usuário final (57,80%), usuário integrador (38,05%), produtor (46,65%) e P&D (14,68%), o que indica que o usuário final tem adquirido tipicamente o produto ou serviço, sem qualquer modificação do mesmo e tornou-se típico que a indústria de bebidas desenvolve e produza a técnica de incorporação de insumos, produtos ou processos biotecnológicos, contudo a pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia são tipicamente baixos nessa indústria no Brasil, conforme tabela 1.

Tabela 1: Uso da biotecnologia por fabricantes de bebidas inovadores

Ano	Usuário final	Usuário integrador	Produtor	P&D
2011	59,09%	31,82%	31,82%	9,09%
2014	52,94%	6,86%	44,12%	5,88%
2017	48,11%	13,51%	44,86%	1,62%
2023	71,05%	100%	65,79%	42,11%

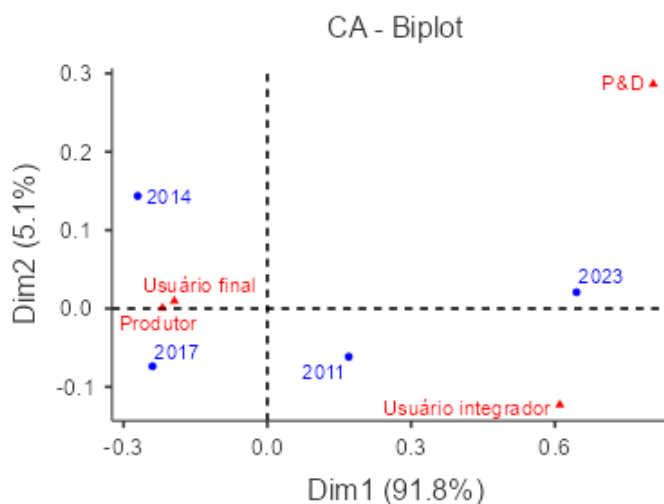
Fonte: elaborada pelos autores (2025)

A análise de correspondência possibilita mapear o comportamento dos fabricantes brasileiros de bebidas nas respectivas PINTEC (2011, 2014, 2017 e 2023). A dimensão 1 explica a maioria da variância e a dimensão 2 explica uma porcentagem menor.

Os padrões de relacionamento das empresas no uso da biotecnologia nas distintas pesquisas destacam na PINTEC2023 o maior uso das técnicas biotecnológicas voltadas para a pesquisa e desenvolvimento, indicando uma possível mudança nos planos de ação interna dessa indústria para maior engajamento na criação e desenvolvimento de propriedade intelectual e inovações, mais recentemente.

Os modos de uso junto ao usuário final e ao produtor, sem os modificar, estão mais associados nas PINTEC 2014 e PINTEC 2017. No triênio de 2009 a 2011 (PINTEC-2011) e PINTEC-2023, observa-se que as empresas compararam mais insumos ou processos tecnológicos para incorporar aos bens e serviços produzidos por elas, por isso o modo de uso como usuário integrador, conforme Figura 3.

Figura 3: Mapeamento do Modo de Uso da Biotecnologia na Indústria de Bebidas do Brasil



Fonte: elaborado pelos autores (2025)

A PINTEC-2023 também teve a responsabilidade de investigar a aplicação da biotecnologia em seis tópicos ambientais, incluindo recursos hídricos e sólidos, eficiência energética, reciclagem e reuso, uso do solo e emissões atmosféricas. Todas as empresas da amostra usaram a biotecnologia tinham ações ligadas a esses assuntos ambientais.

4 Considerações finais

A biotecnologia tem sido revelada crucial para a transformação da indústria de fabricação de bebidas, particularmente no que diz respeito à adoção de práticas sustentáveis em sua cadeia produtiva. Essa tecnologia integra novas habilidades inovadoras voltadas para o consumo e produção responsáveis, direcionadas a iniciativas e ações com o objetivo de não só obter vantagens competitivas, mas também atender às demandas regulatórias e ao mercado consumidor, tanto interno quanto externo, promovendo, assim, o desenvolvimento de capacidades dinâmicas verdes.

O mapeamento científico e tecnológico apontou uma biotecnologia mais refinada, principalmente, para destacar sabores e alcançar a distintividade por uma identidade sensorial de seus produtos. Isso inclui fermentação, uso de microrganismos, aminoácidos e componentes

bioquímicos, produtos e processos intermediários.

Além disso, a indústria colabora para reduzir os desperdícios e promover o reuso, uso de energia sustentável, economia de água e tratamento de águas residuais, e menores emissões de gases de dióxido de carbono, dentre outras. Esse cenário revela um desafio importante, devido às reduções no volume de publicações e famílias de patentes nos últimos cinco anos, de 2020 a 2024, considerando que a pandemia impulsionou as publicações de artigos e reduziu os registros de famílias de patentes, apesar de que o ano de 2024, superou a média anual de 9,2 artigos e 6,3 famílias de patentes, referente ao período de 2015 a 2024.

A indústria brasileira tem direcionado investimentos à biotecnologia visando o usuário final e produtor, principalmente. Além disso, a pesquisa PINTEC 2023 indica um maior interesse na pesquisa e desenvolvimento na área biotecnológica, visando a inovação verde de produtos e processos, com menor impacto no meio ambiente, contribuindo assim, com um estudo do papel da biotecnologia para essa indústria, sendo recomendados estudos futuros sobre cada etapa da cadeia produtiva.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência de Inovação da Universidade Federal de Sergipe - AGITTE por disponibilizar o sistema Orbit Intelligence e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências

- ARIAS, A. *et al.* Environmental and techno-economic assessment on the valorization of vine-side streams to produce resveratrol. **Journal of Cleaner Production**, v. 429, p. 139622, 2023. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139622>. Disponível em: <https://repositorium.uminho.pt/bitstreams/1e78e523-91eb-4871-9a9a-ca97afea694c/download>. Acesso em: 22 mai. 2024.
- AUERBACH, H-J. **Process for material and energy recovery of residues from sugar cane processing and arrangement for performing the process**. Depositante: Auerbach, Hans-Joachim. WO2018/091004. Depósito: 24 out. 2017. Concessão: 24 maio 2018.
- BARBIERI, N.; PERRUCHAS, F.; CONSOLI, D. Specialization, diversification, and environmental technology life cycle. **Economic Geography**, v. 96, n. 2, p. 161-186, 2020. DOI: 10.1080/00130095.2020.1721279.
- BISANZ, J. *et al.* **Food grade bacteria for the removal of toxic compounds**. Depositante: Jordan Bisanz, Gregor Reid, Jean Macklaim. US20200140806. Depósito: 5 abr. 2013. Concessão: 7 maio 2020.
- BRASIL. **Decreto n.º 6.041, de 8 de fevereiro de 2007**. Institui a Política de Desenvolvimento da

Biotechnology. Brasília: Presidência da República, 09 fev. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6041.htm. Acesso em: 22 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Portaria n.º 5.365, de 02 de dezembro de 2021**. Política de Desenvolvimento Científico, Tecnológico e Inovação para Tecnologias Habilitadoras. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 06 dez. 2021. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/legislacao/portarias/Portaria_MCTI_n_5365_de_02122021.html. Acesso em: 22 mai. 2024.

BRASIL. **Resolução CONAMA n.º 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 16 mai. 2011. Disponível em: https://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/projetos_x/qualidade-da-agua/arquivos/legislacao/resolucoes/resolucao-conama-no-430-de-13-de-maio-de-2011/view. Acesso em: 22 mai. 2024.

IBGE. **Pesquisa de Inovação - PINTEC 2014**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IBGE. **Pesquisa de Inovação Semestral: indicadores temáticos: práticas ambientais e biotecnologia: 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE. **Pesquisa de Inovação Tecnológica - 2011**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE. **Pesquisa de Inovação: 2017: análise complementar: sustentabilidade e inovação ambiental**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

MALAKAR, S.; PAUL, S. K.; POU, K. R. J. Biotechnological interventions in beverage production. In: GRUMEZESCU, A. M.; HOLBAN, A. M. **Biotechnological progress and beverage consumption**. Volume 19: The Science of Beverages. Academic Press, 2020. p. 1-37. DOI: 10.1016/C2017-0-02393-5.

MENDES DE OLIVEIRA, J.; DE ARAÚJO BORGES, R.; ESTELLER, M. S. **Utilização de biocida natural no processo de produção de etanol de diversas fontes**. Depositante: João Mendes de Oliveira, Roberto de Araújo Borges, Maurício S. Esteller. BR n. WO2014/078920. Depósito: 22 nov. 2013. Concessão: 30 maio 2014.

NAJAR-ALMANZOR, C. E. *et al.* Chlorella vulgaris-mediated bioremediation of food and beverage wastewater from industries in Mexico: Results and perspectives towards sustainability and circular economy. **Science of The Total Environment**, v. 940, p. 173753, 2024. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2024.173753. Disponível em: [https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048-9697\(24\)03900-7](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048-9697(24)03900-7). Acesso em: 22 mai. 2024.

PERVEEN, S. *et al.* Utilization of biomaterials to develop the biodegradable food packaging. **International Journal of Food Properties**, v. 26, n. 1, p. 1122-1139, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10942912.2023.2200606>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2023.2200606#abstract>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PRAVEEN, M.; BROGI, S. Microbial fermentation in food and beverage industries: innovations, challenges, and opportunities. **Foods**, v. 14, n. 1, p. 114, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods14010114>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/14/1/114>. Acesso em: 22 mai. 2024.

SYLVAIN, B.; FRANÇOIS, M.. Depositante: Timab Magnesium. EP n. 4337608. Depósito: 14 maio 2021. Publicação **Anti-foaming Magnesium Hydroxide Suspension**: 20 mar. 2024.

VANHOLME, B. *et al.* Towards a carbon-negative sustainable bio-based economy. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 174, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00174>. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2013.00174/full>. Acesso em: 22 mai. 2024.

WANG, Q. *et al.* Green technology innovation development in China in 1990–2015. **Science of the Total Environment**, v. 696, p. 134008, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719339853>. Acesso em: 22 mai. 2024.

Data de submissão: 26/09/2025

Data de aceite: 10/02/2026