

## Editorial

O Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estudos Inter e Transdisciplinares em Ecologia e Evolução (INCT IN-TREE) tem a honra de apresentar esta edição especial que reflete a diversidade e a riqueza da pesquisa nacional em Ecologia, Evolução, Biodiversidade e Conservação Ambiental, temas que impulsionam nossa missão.

O INCT IN-TREE, financiado pelo CNPq, pela Capes e pela Fapesb, se destaca como uma rede de excelência em pesquisa e inovação, promovendo uma abordagem inter e transdisciplinar para enfrentar os desafios socioambientais contemporâneos. Nossos projetos se dedicam a temas vitais para a construção de um futuro sustentável. Buscamos soluções inovadoras para a agricultura, como o desenvolvimento de biofertilizantes e a melhoria do solo, impulsionando práticas mais sustentáveis. Investigamos o uso medicinal e alimentício de plantas nativas, valorizando o conhecimento tradicional e a riqueza da flora brasileira. Analisamos o uso de recursos naturais em patentes, com foco na proteção do conhecimento tradicional e no desenvolvimento sustentável. Abordamos temas urgentes, como a criação de parques marinhos, o impacto da fragmentação de *habitats* e a perda de biodiversidade. Investigamos o papel crucial dos polinizadores na agricultura e buscamos estratégias para sua conservação em paisagens agrícolas. Utilizamos ferramentas computacionais e estatísticas para entender e prever processos ecológicos e evolutivos, além de desenvolver *softwares* para análise de dados. Investigamos a história evolutiva e os mecanismos de adaptação de diversos organismos, incluindo parasitas humanos. Exploramos a diversidade e o papel funcional de microrganismos em diferentes ecossistemas, desde solos até ambientes extremos como a Antártica. Promovemos a comunicação científica, a educação ambiental e a participação cidadã, buscando uma ciência mais próxima da sociedade. Investigamos fundamentos conceituais, epistemológicos e éticos de projetos sobre ecologia, evolução e conservação. Fomentamos a cultura de inovação e o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, com ênfase na proteção da propriedade intelectual. Entre os projetos que integram o INCT IN-TREE, o PI 5 (Projeto Integrador – Inovação no INCT IN-TREE) vem se dedicando a levantar e a sistematizar as inovações tecnológicas desenvolvidas nos projetos temáticos do INCT, com foco na criação de ferramentas e de soluções que aproximam a ciência das necessidades da sociedade.

Esta Edição Especial reúne uma seleção de 12 artigos de 37 autores, representando 15 instituições em quatro regiões do Brasil. Os temas em destaque são: Tecnologias avançadas para a agricultura sustentável, como biofertilizantes e dispositivos de monitoramento; Uso inovador da casca de banana como despoluente natural de águas; Estudo do potencial alimentício da *Spondias tuberosa*, uma planta nativa brasileira; Análise de patentes de sementes e uso de pigmentos vegetais em cosméticos, valorizando o conhecimento tradicional e a biodiversidade; Importância da proteção do conhecimento tradicional e o papel das bases de dados nesse processo; e Pesquisa sobre painéis solares flutuantes como solução para a geração de energia limpa.

A edição aborda tópicos como a prospecção tecnológica de patentes de biofertilizantes, o uso de dispositivos para reconhecimento de danos em bananas, o potencial da casca de banana como despoluente de águas, a revisão bibliométrica de espécies vegetais, a análise de patentes sobre o uso de sementes em cosméticos, o uso de pigmentos vegetais em cosméticos, a importância das bases de dados de conhecimento tradicional, o potencial alimentício da *Spondias tuberosa* e a análise de painéis solares flutuantes. Esse volume oferece um panorama abrangente das pesquisas e das inovações que estão moldando o futuro da ecologia, da evolução e da conservação ambiental no Brasil.

Diante do exposto, convidamos você a explorar esta edição e a se inspirar com as ideias e as descobertas que moldam o futuro da ecologia, evolução e conservação no Brasil. O INCT IN-TREE reafirma seu compromisso com o avanço do conhecimento, o desenvolvimento tecnológico e a inovação sustentável em busca de um futuro mais verde, justo e equilibrado para todos.

Boas leituras!

*Washington Franca-Rocha*

Professor Titular – Departamento de Ciências Exatas da  
Universidade Estadual de Feira de Santana  
Coordenador do Projeto Integrador 5 - Projeto de  
inovação tecnológica do INCT IN-TREE

# Prospecção do Uso de Coco e sua Fibra no Desenvolvimento de Produtos Voltados para a Inibição de Corrosão

## *Prospection of the Use of Coconut and its Fiber in the Development of Products Aimed at Corrosion Inhibition*

Ana Lais de Araujo Costa<sup>1</sup>

Gleidson Pereira de Oliveira e Silva<sup>1</sup>

Josealdo Tonholo<sup>1</sup>

Fabiane Caxico de Abreu Galdino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil

### Resumo

A corrosão é um problema que ocorre em todos os setores econômicos. O uso de inibidores de corrosão caracteriza-se em um dos métodos de grande interesse, todavia muitos desses compostos demonstraram exercer efeitos tóxicos, levando à busca por compostos ambientalmente amigáveis. O óleo de coco possui característica inibitória já descrita em literatura, e o Brasil possui cerca de 240 mil hectares cultivados com coqueiro. Assim, este artigo teve como objetivo analisar o panorama científico e tecnológico da aplicabilidade dos subprodutos do coco no âmbito da prevenção da corrosão. Para isso, foram analisados as patentes e os artigos publicados em bases nacionais e internacionais a partir de cinco grupos de palavras-chave, desse modo, o grupo IV apresentou de 145 a 551 patentes e 51 artigos, com maiores depositantes na China e no Reino Unido e com empresas majoritariamente na área petrolífera. Esses resultados apontam um mercado emergente e pouco investigado, com grandes possibilidades de exploração.

Palavras-chave: Coco; Corrosão; Patentes.

### Abstract

Corrosion is a problem that occurs in all economic sectors. The use of corrosion inhibitors is characterized as one of the methods of great interest, however many of these compounds have shown to exert toxic effects, leading to a search for green compounds. Coconut oil has an inhibitory characteristic already described in the literature and Brazil has about 240 thousand hectares cultivated with it. Thus, this article has the objective of analyzing the scientific and technological panorama of the applicability of coconut byproducts in the scope of corrosion prevention. For this, patents and articles published on national and international bases were analyzed from five groups of keywords, where group IV presented 145 to 551 patents and 51 articles, with the largest depositors in China and the United Kingdom and with companies in the majority oil area. These results point to an emerging and under-researched market with great possibilities of exploration.

Keywords: Coconut; Corrosion; Patents.

Áreas Tecnológicas: Inovação. Prospecção Tecnológica. Química.



# 1 Introdução

A corrosão é um problema que ocorre em todos os setores econômicos, seja industrial, construção civil, equipamentos de logística, etc. É um fenômeno que afeta toda a sociedade, e se atribui uma grande importância socioeconômica aos seus efeitos. Desempenha um papel prejudicial na confiabilidade, no custo e na longevidade dos sistemas de engenharia e nos sistemas estruturais, podendo, eventualmente trazer riscos aos ocupantes de edifícios e de embarcações que não têm sistema de acompanhamento desse fenômeno (Sabelkin *et al.*, 2015; Vieira *et al.*, 2010; Dantas; Cardoso, 2022).

A corrosão é definida por ser a deterioração de um material, geralmente metálico (como os aços ou as ligas de cobre), podendo ser não metálico (como plástico, cerâmicas ou concretos), que se inicia na sua superfície por ação química ou eletroquímica do meio ambiente (por um meio oxidante) aliado ou não a esforços mecânicos. As formas ou tipos de corrosão podem ser apresentados, considerando-se a aparência ou a forma de ataque e também pelas diferentes causas e mecanismos (Gentil, 2012; Mello, 2011; Domínguez, 2016; Almeida, 2014; Lima *et al.*, 2024).

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas no sentido de reduzir os efeitos da corrosão. O uso de inibidores de corrosão caracteriza-se como um dos métodos de grande interesse, já que esses métodos funcionam como películas protetoras (sobre áreas anódicas e catódicas) que interferem na ação eletroquímica (Rossi *et al.*, 2007; Lima *et al.*, 2024).

Assim como algumas espécies químicas, por exemplo, sal, promovem corrosão, outras espécies químicas inibem a corrosão. A corrosão de superfícies metálicas pode ser controlada ou reduzida pela adição de compostos químicos ao agente corrosivo. Essa forma de controle de corrosão é chamada de inibição, e os compostos adicionados são conhecidos como inibidores de corrosão. Esses inibidores reduzem a taxa de oxidação do material. Normalmente são adsorvidos, fazendo um filme muito fino e persistente, formando uma película protetora na superfície do metal (Gentil, 2012; Davis, 2000; Frauches-Santos *et al.*, 2014; D'Oliveira *et al.*, 2022).

Embora muitos desses compostos apresentem alta eficiência de inibição, eles também apresentam efeitos indesejáveis. Inibidores convencionais, como cromatos e nitratos, demonstraram exercer efeitos tóxicos no ambiente e na saúde humana mesmo em baixas concentrações, devido a sua toxicidade, além disso, eles têm custos elevados (Pedrosa-Periñán *et al.*, 2016; Torres *et al.*, 2016).

Nos últimos anos, nota-se um aumento significativo no interesse pelo uso de compostos ambientalmente amigáveis, comumente obtidos a partir de extratos de plantas e outros produtos naturais, como inibidores de corrosão (Pedrosa-Periñán *et al.*, 2016; Torres *et al.*, 2016).

Extratos de plantas são geralmente pouco dispendiosos e podem ser obtidos por meio de processos simples de extração. Esses materiais têm muitos benefícios, como baixo custo, alta disponibilidade, renovabilidade, não toxicidade e sua composição fitoquímica, que apresenta uma série de compostos frequentemente relacionados à atividade anticorrosiva (Pedrosa-Periñán *et al.*, 2016; Torres *et al.*, 2016).

Ao longo dos últimos anos diversos trabalhos no âmbito de produção de anticorrosivos advindos de produtos naturais vêm sendo publicados. Alguns trabalhos analisaram a ação inibidora de extratos aquosos da borra do café, casca do alho e de algumas frutas (manga, laranja,

maracujá e caju), além do bagaço da uva tinta Pinot noir e da semente de mamão, que foram estudados com relação à corrosão do aço-carbono em meio HCl 1 mol L<sup>-1</sup> (Torres *et al.*, 2016).

Rossi *et al.* (2007) analisaram a eficiência do óleo de coco saponificado

e microemulsionado na inibição da corrosão de aço carbono, e o tensoativo avaliado em um sistema microemulsionado (ocs-me), ou em solução aquosa (OCS), apresentou inibição satisfatória, indicando a seguinte ordem de eficiência de inibição à corrosão: ocs com eficiência máxima de 63% com concentração na faixa de 0,14–0,16% e ocs-me com eficiência máxima de 77% na faixa de com concentração 0,5%.

O óleo de coco é um dos subprodutos da industrialização do coco. O Brasil possui cerca de 240 mil hectares cultivados com coqueiro, distribuídos em quase todo o território nacional com produção próxima de 1,7 bilhões de frutos. Os principais estados produtores são Bahia, Sergipe, Ceará e Pará, com 31,4, 13,4, 13,0 e 12,0% da produção, respectivamente. Alagoas vem em sétimo lugar, com 3,9% da produção, equivalente a 67,3 milhões de frutos (Seapa-MG, 2017).

## 2 Metodologia

As buscas foram realizadas em bases de patentes nacionais e internacionais. A base nacional pesquisada foi o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), e as bases internacionais verificadas foram: Escritório Europeu de Patentes (Espacenet); Patent Inspiration, Google Patents, World Intellectual Property Organization (WIPO) e Derwent Innovations Index da Thomson Reuters Scientific (Derwent), sendo esta acessada por meio do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) a partir do endereço IP da Capes-UFAL, pela rede CAFe.

A revisão bibliográfica foi realizada na base de dados Scopus por meio do portal Capes/CAFe, e da base Scientific Electronic Library Online (SciELO), e nesta, foi pesquisado somente no Brasil; com exceção das bases Derwent e Scopus as demais bases são abertas a qualquer interessado, já que a base Patent Inspiration possui restrições em seu uso livre. Todas as buscas nas bases de patentes foram realizadas no campo de pesquisa avançada, com a seleção da opção de busca no resumo e no título. O mesmo procedimento foi adotado para as buscas de artigos científicos. As buscas foram realizadas no mês de abril de 2024.

As palavras-chave utilizadas foram divididas em cinco grupos como apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Grupos de palavras-chave utilizados nas bases de pesquisa nacionais e internacionais

INPI E SCIELO	BASES DE PATENTES E DE DADOS INTERNACIONAIS	GRUPO DE PALAVRAS
Corrosão	corrosion	I
(casca or quenga or exocarpo) and coco	(shell or exocarp or cover) and coconut	II
Corrosão and coco	Corrosion and coconut	III
Corrosão and inibi* and coco	Corrosion and inibi* and coconut	IV
Corrosão and Inibi* and fibra and coco	Corrosion and inibi* and fiber and coconut	V

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Na Tabela 1, as palavras-chave em português foram utilizadas especificamente na base de patentes INPI e de artigos Scielo, e as palavras-chave em inglês foram utilizadas nas bases internacionais.

Foram utilizados operadores booleanos “and” e “or” com o propósito de limitar as buscas no caso de “and”, ou adicionar termos semelhantes ou sinônimos no caso de “or”. O operador “\*” foi utilizado para que fosse possível a utilização das possíveis variantes dos termos pesquisados. Com base nos dados obtidos, foram realizadas análises relativas ao número de patentes depositadas por ano, aos países de origem das patentes, à área de conhecimento abrangida, à área de aplicação, aos países aplicantes e às indústrias que originaram tais patentes.

### 3 Resultados e Discussão

O retorno das buscas dos grupos de palavras-chave em suas respectivas bases de registro pode ser observado na Tabela 2, na qual é possível observar a diminuição dos dados à medida que os grupos avançam, gerando em um pequeno grupo de resultados no grupo IV e quase nenhum no grupo V.

**Tabela 2** – Resultado das buscas dos grupos de palavras-chave nas respectivas bases

GRUPOS DE PALAVRAS-CHAVE	BASES PESQUISADAS							
	SCIELO	SCOPUS	INPI	PATENT INSPIRATION	ESPACENET	DERWENT	GOOGLE PATENTS	WIPO
I	408	432625	2762	482444	689577	645716	100000	471923
II	167	4940	94	4221	4768	13171	6664	3687
III	2	177	10	576	635	1386	802	460
IV	1	51	6	156	161	551	181	145
V	0	6	0	4	2	20	1	2

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

#### 3.1 Análise de Patentes nas Bases de Dados Scielo e INPI

Ao utilizar as palavras-chave do grupo I na base de artigos Scielo, houve um retorno de 408 artigos, essa mesma palavra-chave ao ser utilizada na base patentária do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), gerou um retorno de 2.762 patentes.

Quando foram utilizadas as palavras-chave do grupo II em ambas as bases, obteve-se o retorno de 167 artigos na Scielo e 94 patentes registradas no INPI, já com o grupo de palavras III, obteve-se um retorno de dois artigos na base Scielo e 10 registros de patentes no INPI. Entre os artigos pesquisados, o de maior interesse possuía o título “*Argamassas fotocatalíticas e concretos com adição de fibras de coco e sisal para a redução de impactos ambientais de gases poluentes*”, de M. M. Bonato, M. D’O. G. P. Bragança, K. F. Portella, M. E. Vieira, J. L. Bronholo, J. C. M. dos Santos, D. P. Cerqueira, no qual os objetivos são: a adição de fibras de coco (FC) e de sisal (FS) a um concreto-referência, com a intenção de aumentar suas demandas nacionais e diminuir o impacto ambiental resultante da quantidade de resíduos descartados no ambiente após

o consumo do fruto, com redução do consumo de cimento em cada dosagem; e a fotocatalise de gases poluentes por argamassas à base do nanocomposto dióxido de titânio, fase anatásio.

Entre as patentes, duas foram de interesse: a patente de número BR 10 2016 001609 6 A2 (Maciel *et al.*, 2016), com o título “*Utilização do Extrato Metanólico de Ixora Coccinea Linn como Inibidor de Corrosão*”, de Maria Aparecida Medeiros Maciel, Cássia Carvalho de Almeida, Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira Rossi, Dulce Maria de Araújo Melo, Carlos Alberto Martinez-Huitle, que versa especificamente do extrato metanólico obtidos de flores da planta. O extrato IC, solubilizado no sistema Smeocs, foi avaliado na presença do aço carbono AISI 1020, em meio salino (NaCl 3,5%). A eficiência de inibição para a corrosão de IC solubilizado na microemulsão (Smeocs-IC), em diferentes concentrações (50 ppm - 400 ppm), foi analisada por medidas de perda de massa e pelo método eletroquímico de resistência à polarização, sendo assim, foram obtidos resultados significativos de inibições para a corrosão (83,6% Smeocs e 95,3% Smeocs-IC de eficiências máximas). E a patente de número BR 10 2012 024591 4 A2 (Macedo *et al.*, 2012), com o título “*Composição Inibidora de Corrosão de Aço Carbono com Utilização de Compostos Heterocíclicos Mesoioônicos Dispersos em Microemulsão de Óleo de Coco Saponificado*”, de Ruza Gabriela Medeiros de Araujo Macedo, Josealdo Tonholo, Adriana Santos Ribeiro, Maria Aparecida Medeiros Maciel, Tereza Neuma de Castro Dantas, Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira Rossi, propõe o tratamento do aço carbono e assemelhados com o uso de substâncias nitrogenadas (heterociclos mesoioônicos) solubilizadas em sistemas microemulsionados que atuam como inibidores de corrosão. A invenção compreende um composto do tipo 1,3,4-triazólio-2-tiol, uma composição com compostos heterocíclicos mesoioônicos em uma microemulsão de óleo de coco saponificado e seus usos. Esses compostos apresentam propriedades anticorrosivas para aço carbono e assemelhados, apresentando propriedades sinérgicas com a microemulsão.

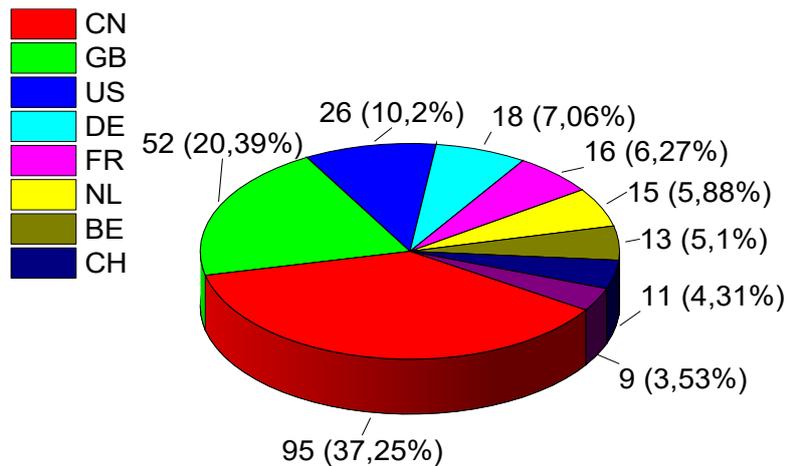
Ao serem utilizadas as palavras do grupo IV, obteve-se o retorno de um registro de artigo na base Scielo e de seis patentes na base INPI, patentes essas que já haviam sido analisadas no grupo de palavras-chave anterior (III). Com as palavras do grupo V, não houve retorno de registros em ambas as bases.

### 3.2 Análise de Patentes na Base de Dados Espacenet

Utilizando as palavras-chave do grupo I, II e III, foi possível obter o retorno de, respectivamente, 689.577, 4.768 e 635 patentes. Para um melhor refinamento, utilizou-se o grupo de palavras-chave IV. O grupo de palavras-chave V retornou apenas dois registros.

Com as palavras-chave do grupo IV, obteve-se um retorno de 161 registros de patentes, das quais o país com maior número de depósitos foi a China (CN) com 95 depósitos, seguida de Reino Unido (GB) com 52, Estados Unidos (US) com 26, Alemanha (DE) com 18, França (FR) com 16, Holanda (NL) com 15, Bélgica (BE) com 13, Suíça (CH) com 11 e Japão (JP) com nove, como é possível observar na Figura 1. Outros países apresentaram números iguais ou inferiores a quatro, como o Brasil, que apresentou o resultado de três patentes.

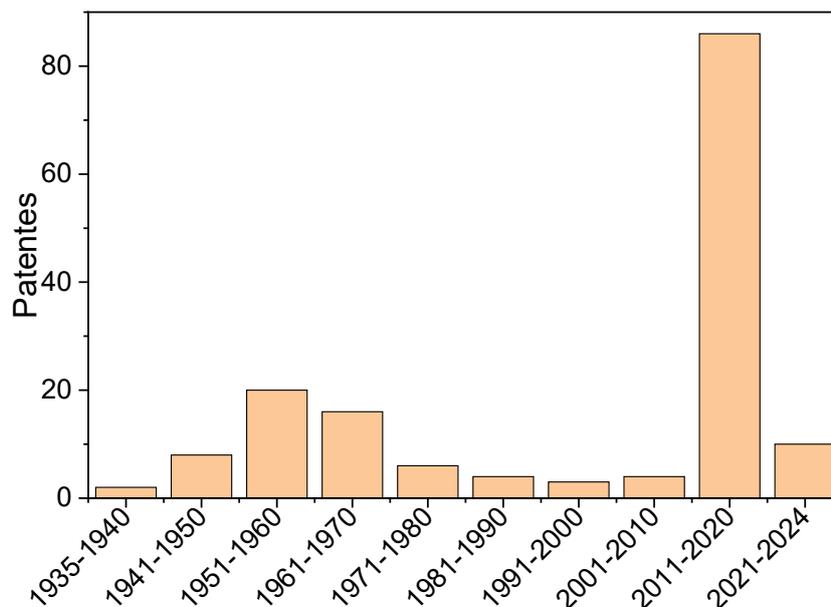
**Figura 1** – Registro percentual de patentes das palavras-chave do grupo IV em cada país



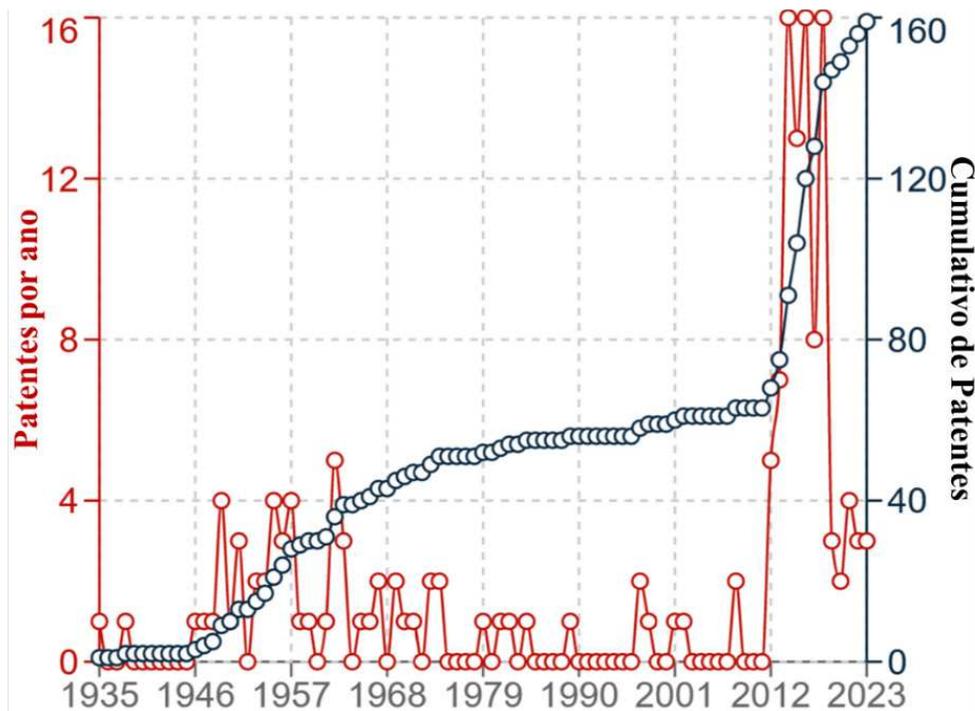
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

A Figura 2 foi construída observando-se o número de depósitos ao longo do tempo, por meio dessa figura, é possível detectar um aumento de 14 vezes no número de patentes depositados na última década (2011-2020) em um comparativo com a década anterior (2001-2010). Além disso, nota-se que, na década de 1960 e 1970, houve um maior número de patentes depositadas em comparação às décadas seguintes. Observa-se, ainda, pela Figura 3, que o maior número de patentes foi depositado entre os anos de 2014 e 2018, tendo uma queda significativa a partir do ano de 2019, não havendo recuperado o crescimento até o presente momento.

**Figura 2** – Número de depósitos ao longo do tempo no grupo de palavras IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

**Figura 3** – Número de depósitos de patentes por ano no grupo de palavras IV

Fonte: Adaptada de Espacenet (2024)

Ao realizar o refinamento com o grupo de palavras IV, utilizando o código de Classificação Internacional de Patentes (CIP) de interesse da seção C, que trata sobre química e metalurgia e mais precisamente C23 que descreve sobre Revestimento de Materiais Metálicos; Revestimento de Materiais com Materiais Metálicos; Tratamento Químico de Superfícies; Tratamento de Difusão de Materiais Metálicos; Revestimento por Evaporação a Vácuo, por Pulverização Catódica, por Implantação de Íons ou por Deposição Química em Fase de Vapor, em Geral; Inibição da Corrosão de Materiais Metálicos ou Incrustação em Geral, obteve-se um retorno de 58 patentes, ou seja, das 161 patentes encontradas, 36,02% tratavam do assunto de nosso interesse. Levando-se em consideração os 58 registros de patentes, o panorama de países com o maior número de depósitos permaneceu o mesmo: a China em primeiro lugar com 37 registros, seguida do Reino Unido, Alemanha, Japão, Holanda e Estados Unidos.

Dos 58 registros encontrados, o que se destacou foi o IPC C23G que trata sobre Limpeza ou Desengorduramento de Materiais Metálicos por Outros Métodos Químicos que não a Eletrólise e C23f que trata sobre Remoção não Mecânica de Materiais Metálicos das Superfícies; Inibidor de Corrosão de Material Metálico; Inibidor de Incrustação em Geral; Processos de Múltiplos Passos para Tratamento de Superfícies de Materiais.

A última classificação teve suas patentes analisadas dentro dessa subclasse. É possível observar que todos utilizaram o óleo de coco como um dos componentes para a produção de um inibidor de corrosão.

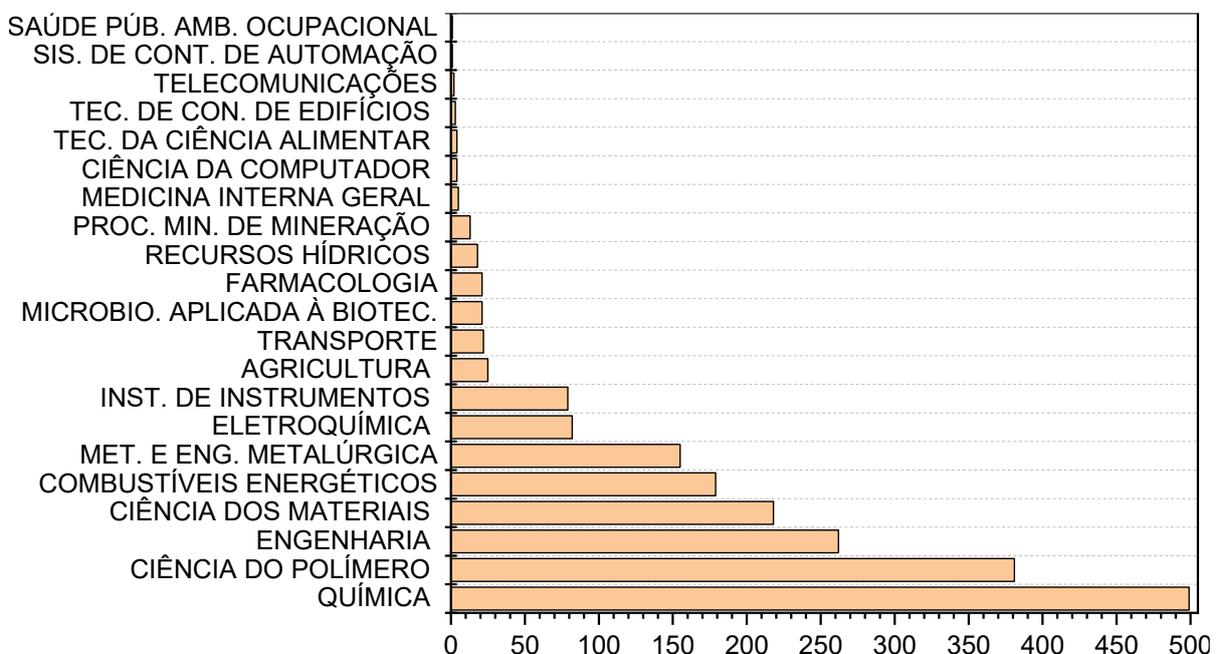
Os dois resultados do grupo V remetem a uma patente de Tecido não Tecido (TNT) à base de fibras naturais e sintéticas, de código CN109338591A (BO, 2018), intitulada “*Self-Filtration Absorbing Fiber Spunlace Non-Woven Fabric and Preparation Method*”, de Zhao Bo, com o objetivo de produzir um tecido com as vantagens de sensação de mão macia, desempenho de absorção de água/umidade alta, boa permeabilidade ao ar, aparência bonita, fio dental de

superfície curta, uso conveniente, seguro, confiável, higiênico, proteção da pele, esterilização, inibição bacteriana, umedecimento da pele, desodorização, resistência à corrosão e semelhantes, e o tecido tem funções de inibição e de desinfecção superiores em vários micro-organismos prejudiciais. O segundo trata de uma fita de cintagem, de código CN108239338A (Guofeng, 2018), com título “*Preparation Method of Tension-Resistant Anti-Corrosion Type Strapping Tape*”, de Wang Guofeng, Yang Yasheng e Chen Ke, objetivando um método de preparação de uma fita de cintagem do tipo anticorrosão resistente à tensão e pertencente ao campo técnico da preparação de fita de cintagem.

### 3.3 Análise de Patentes na Base de Dados Derwent

Ao utilizar as palavras-chave do grupo IV, houve um retorno de 551 patentes na base Derwent, possibilitando a elaboração da Figura 4.

**Figura 4** – Áreas de conhecimento do grupo IV

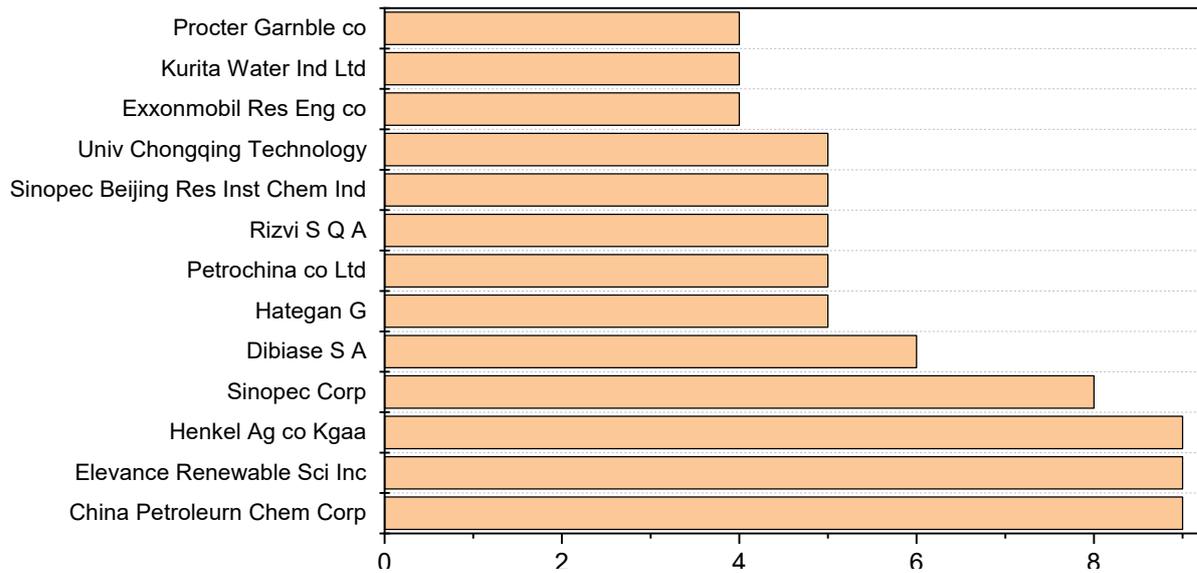


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Entre as principais áreas de conhecimento, pode-se destacar oito, e observa-se que 97,46% (499) das patentes são referentes à área de química. Outras áreas que se destacam são ciência dos polímeros com 74,41% (381) das patentes nesse grupo; Engenharia com 51,17% (262); Ciência dos Materiais com 42,58% (218); combustíveis energéticos com 34,96% (179); Metalurgia e engenharia metalúrgica com 30,27% (155); Eletroquímica com 16,01% (82); e Instrumentação de instrumentos com 15,42% (79), as demais áreas possuem um número muito abaixo de 25 patentes.

Analisando os 10 principais depositantes, é possível identificar os depositantes, conforme mostram os dados da Figura 5.

**Figura 5** – Principais depositantes do grupo IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

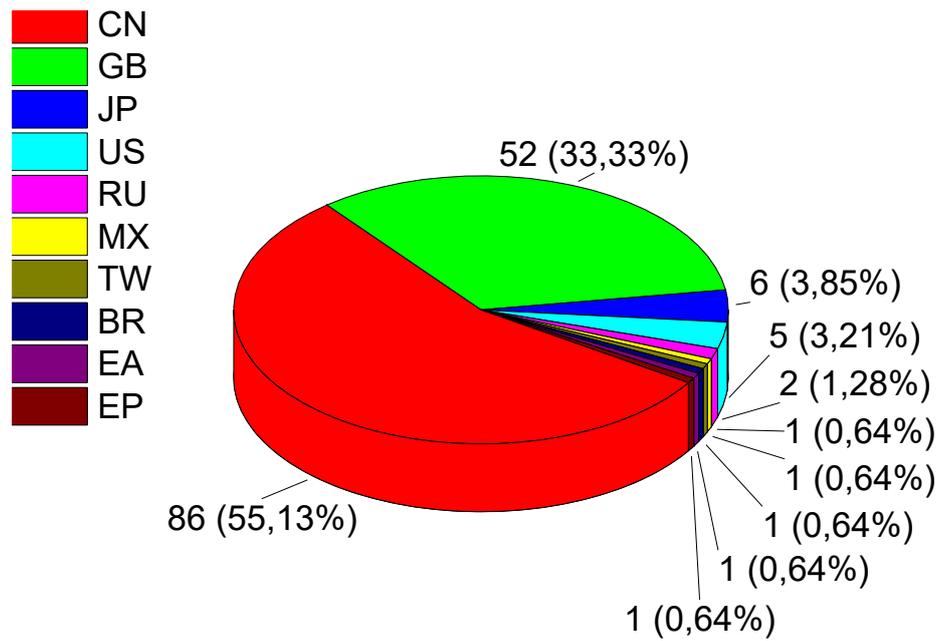
Por meio desses dados, é possível analisar que a quantidade de depósitos advém da indústria química e de petróleo, com apenas uma pequena parcela da indústria de limpeza como a Procter Gamble e de tratamento de água como a Kurita Water.

Dos 20 resultados do grupo de palavras V, a maioria usava óleo de coco com diferentes finalidades sem relação direta com inibição de corrosão, estando a fibra relacionada com diferentes materiais. A única patente com fibra de coco, KR2013019618-A, a utilizava para recuperação vegetal de áreas de minas abandonadas, sem relação com corrosão ou a inibição.

### 3.4 Análise de Patentes na Base de Dados Patent Inspiration

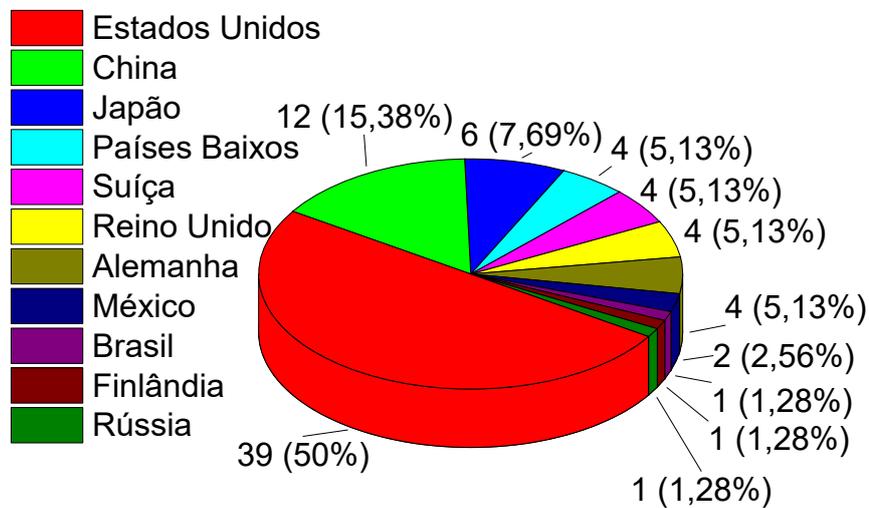
Utilizando as palavras-chave do grupo IV na base Patent Inspiration, foram obtidos 156 registros. A partir desses dados, foi construindo, como anteriormente para a base Espacenet, o gráfico dos países com maior número de depósitos (Figura 6). A China se destaca com o número de 85 patentes depositadas, seguida do Reino Unido (GB) com 52 patentes. Outros países desenvolvidos, como Japão e Estados Unidos, apresentaram resultados consideravelmente abaixo dos primeiros, com cinco e quatro patentes depositadas, respectivamente, ficando à frente apenas dos países com duas e uma patentes depositadas, que são Rússia (RU) com duas e Brasil (BR), Mexico (MX), Taiwan (TW), Organização Europeia de Patentes (EP) e Organização Euroasiática (EA), ambos com uma patente depositada. A situação é oposta quando se leva em consideração o que apresenta a Figura 7, que mostra os países aplicantes de patente, e, nesse panorama, os Estados Unidos vêm em primeiro lugar com 39 aplicações, e a China aparece em segunda colocação com apenas 12 patentes aplicadas.

**Figura 6** – Países com depósitos de patentes do grupo de palavras IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

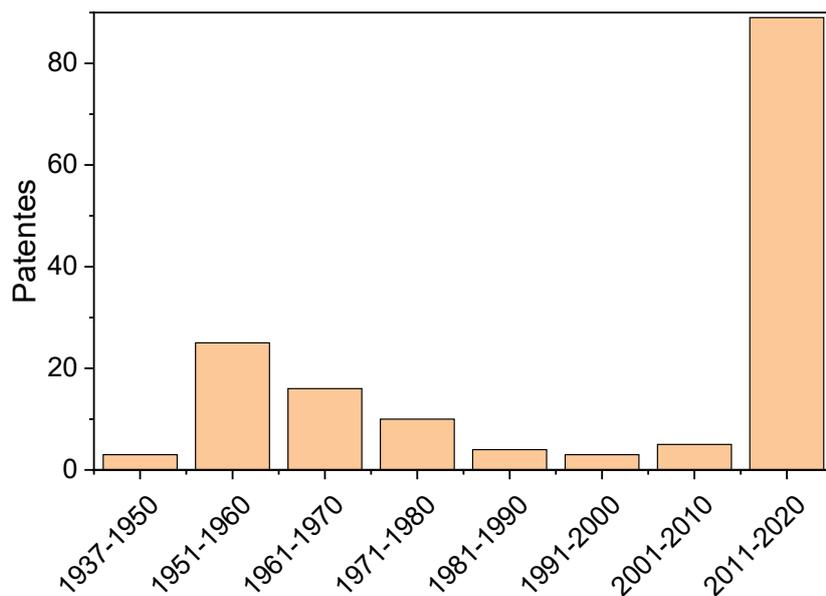
**Figura 7** – Países aplicantes de patentes do grupo de palavras IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

A distribuição do depósito de patentes ao longo dos anos é demonstrada a partir da Figura 8.

**Figura 8** – Distribuição do depósito de patentes ao longo dos anos para o grupo de palavras IV

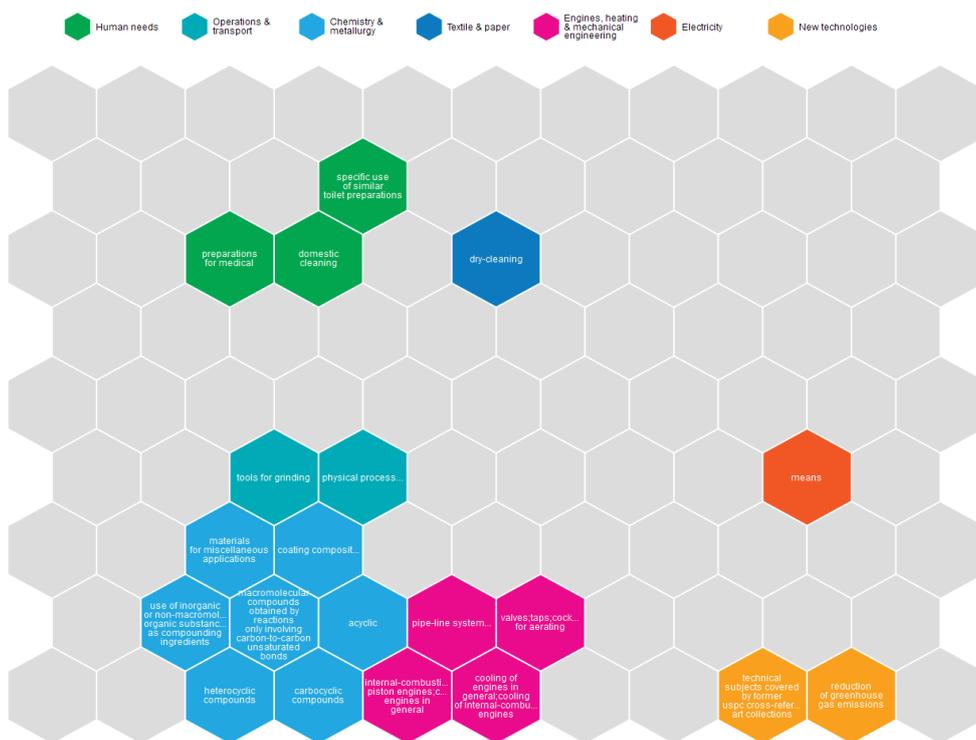


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Nota um aumento de 17,8 em depósitos nos últimos 10 anos (2011-2020) em comparação com a década anterior (2001-2010), sendo responsável por 57,41% do total depositado, demonstrando, assim, o crescente interesse de pesquisa na área.

A Figura 9 apresenta o mapa colmeia e nele estão destacadas as áreas de domínio de aplicabilidade das patentes.

**Figura 9** – Mapa colmeia das áreas de domínio de aplicabilidade das patentes do grupo de palavras IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Ao elaborar esse gráfico de colmeia, por domínio na classificação CPC, observa-se a distribuição em nove grandes grupos, o primeiro grande grupo é o das necessidades humanas, que é subdividido em três subclasses que são: Preparação de medicamentos, limpeza doméstica e uso específico para preparação de instalações sanitárias. Destacando-se a preparação de medicamentos, com a patente GB1228060A, que trata de Composições detergentes, contendo agentes promotores de deposição de partículas, usando um substrato orgânico em conjunto com polímeros e sais de metais pesados, e a patente GB912340A, que consiste em Sulfonatos de óxido alquilarodialílico e método para a sua produção, lidando com substituições em diferentes grupos aromáticos.

O segundo grupo é o de Operações e Transportes, que se divide em duas subclasses, de ferramentas de moagem e de processos físicos, destacando-se processos físicos com a patente GB706720A, que lida com a Construção de composições orgânicas detergentes e os processos para prepará-las, usando partículas detergentes rodeadas de diferentes partículas hidratadas misturadas com detergentes orgânicos sólidos com partículas anidras e capacidade de serem hidratadas.

O terceiro grande grupo, de Química e Metalurgia, se divide em sete subclasses, e se destaca a de compostos heterocíclicos, com cinco patentes, a exemplo da patente MX2014005597A, que trata de Processo para obter misturas de imidazolina a partir de óleos vegetais, obtendo misturas de imidazolina capazes de proporcionar consideráveis economias de energia durante o processo de fabricação, devido à redução da temperatura do processo e menores exigências de matérias-primas, e da patente GB865312A, que trata de Morfolino propilaminas substituídas e seu uso como inibidores de corrosão por meio da reação de uma propilenodiamina com éter dicloroetilico isolado ou não como sal de ácido carboxílico.

O grupo de Têxtil e Papel contém apenas a subclasse de limpeza a seco, com a patente GB912340A, já citada em preparações para medicamentos.

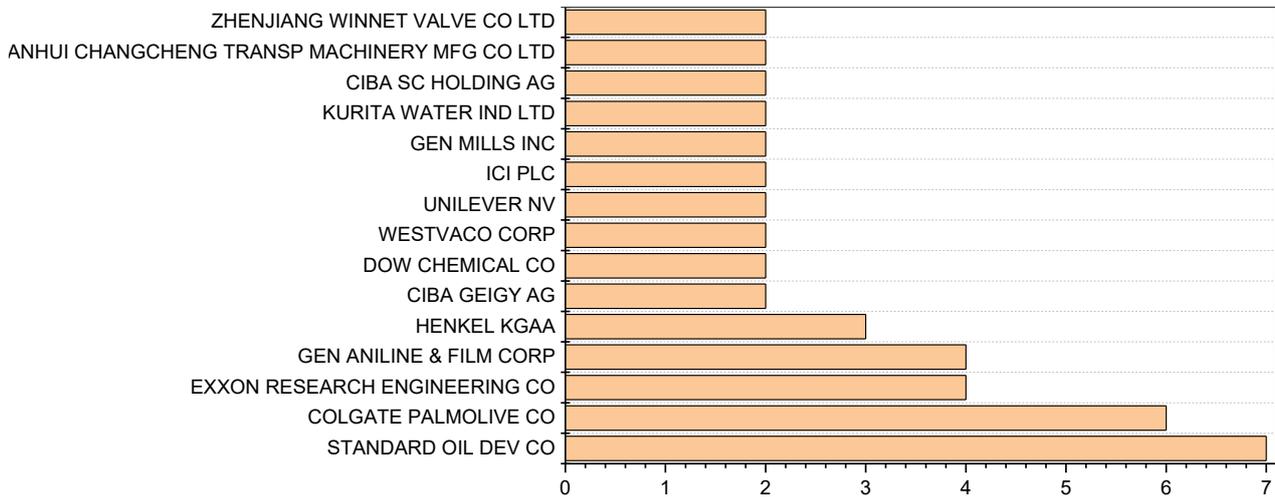
O seguinte grande grupo é o de motores, aquecimento e engenharia mecânica, que é dividido em quatro subclasses, e se destacam motores de pistão a combustão interna; motores de combustão em geral, com quatro patentes, a exemplo da patente GB1035985A, que lida com Novos hidroxi-fenil-bis-tiazóis e sua utilização como estabilizadores, adicionando em polímeros, óleos lubrificantes, óleos minerais, óleos animais, óleos vegetais, hidrocarbonetos e aldeídos para estabilizá-los contra deterioração, e da patente GB852831A, que conduz Polimerização por radiação de compostos nitrogenados insaturados, expondo uma mistura de um composto contendo azoto insaturado selecionado a partir de alquil acrilamidas C4-C18 com um éster orgânico insaturado à radiação radioativa de alta intensidade, como raios gama de no mínimo 10,000 R/Hr.

O grupo de Eletricidade continha apenas a subclasse de recursos, com a patente JP2739360B2, que produz Bateria seca de manganês, em que a corrosão de zinco ou liga de zinco usada como eletrodo negativo é contida, fornecendo um agente ativo de superfície catiônica na bateria em uma quantidade específica contra o eletrólito.

O grupo de Novas Tecnologias tem duas subclasses, destacando-se a de redução de emissão de gases de efeito estufa, com a patente EA002135B1, que lida com Método e composto para inibir o entupimento de canalizações por hidratos de gás, adicionando à mistura certa quantidade de um componente inibidor da formação de hidrato.

Por meio das empresas com maior número de depósitos (Figura 10), é possível observar onde existe a maior aplicabilidade relativa ao assunto abordado e onde este é mais aplicado na área de indústria química, mais precisamente indústria de petróleo, tendo nomes como Standard Oil, que foi uma grande refinaria de petróleo, seguida da indústria de higiene e limpeza em geral, como exemplo a Colgate.

**Figura 10** – Empresas depositantes de patentes do grupo de palavras IV



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Ao analisar os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP), nota-se que a classe C é a predominante. Com base nessa análise, três códigos de subclasse se sobressaem, que são: C11D3/00, que trata sobre ingredientes e componentes de detergente, dentro dessa subclasse existem 25 patentes, o que equivale a 16% no total; C11D1/00, que trata de Composições de detergentes baseadas essencialmente em compostos de superfície ativa, tendo 22 patentes, o que equivale a 14% no total; e, por fim, C23F11/00, com código referente à área de interesse deste estudo, que trata de Inibir a corrosão do material metálico, aplicando inibidores à superfície em perigo de corrosão ou adicionando-os ao agente corrosivo, tendo nessa subclasse 19 patentes, o que equivale a 12% no total.

Destaca-se que a mais recente é a patente de código CN105543856A com o título “*Inibidor de corrosão solúvel em óleo*”, de Xu Guangxin. Essa invenção divulga um inibidor de corrosão solúvel em óleo com alto grau de insolubilidade e de dispersibilidade, com baixo custo e praticidade de uso.

### 3.5 Comparativo de Artigos versus Patentes

Ao ser analisado o grupo de palavras IV, observou-se o retorno dos 20 maiores autores na base Scopus com os 20 maiores inventores da base de busca patentária Derwent, como é possível ver na Tabela 3, percebe-se a não coincidência de nomes.

**Tabela 3** – Autores *versus* Inventores no grupo de palavras IV

AUTORES	QUANT.	INVENTORES	QUANT.	AUTORES	QUANT.	INVENTORES	QUANT.
Casales, M.	5	ZHANG Y	14	Umoren, S.A.	3	ZHANG X	6
Ortega-Toledo, D.M.	5	LIU X	11	Cuervo, D.	2	ZHANG Z	6
Regla, I.	5	LI J	10	Maciel, M.A.M.	2	CHEN C	5
Eduok, U.M.	3	DIBIASE S A	9	Rahim, N.	2	CHEN J	5
Gonzalez-Rodriguez, J.G.	3	LI H	9	Rajalakshmi, R.	2	CHEN S	5
Israel, A.U.	3	RIZVI S Q A	8	Rivera Grau, L.M.	2	GAN G	5
Obot, I.B.	3	WANG T	8	Sobri, S.	2	HATEGAN G	5
Rivera-Grau, L.M.	3	CAO H	7	Subhashini, S.	2	JIANG Z	5
Rossi, C.G.F.T.	3	HU Y	6	Vijayalakshmi, P.R.	2	LI B	5
Solomon, M.M.	3	LIU J	6	Al-Sabagh, A.M.	1	LI Y	5

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Semelhante ao que se observa no comparativo entre as instituições que publicaram os artigos e os depositantes das patentes, Tabela 4, pode-se constatar que as instituições produtoras dos artigos são unicamente instituições de ensino, enquanto as depositantes de patentes são majoritariamente empresas, demonstrando que as instituições que mais lançam artigos não possuem interesse na produção patentária dessa área de conhecimento, ou ainda não alcançaram a investigação necessária para deposição de uma.

**Tabela 4** – Instituição *versus* Depositante no grupo de palavras IV

INSTITUIÇÃO	QUANT.	DEPOSITANTE	QUANT.
Universidad Autónoma del Estado de Morelos	6	ELEVANCE RENEWABLE SCI INC	9
Universidad Nacional Autónoma de México Câmpus Morelos	6	HENKEL AG CO KGAA	9
Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza	5	SINOPEC CORP	8
Universidad Nacional Autónoma de México	4	CHINA PETROLEUM CHEM CORP	6
Centro de Investigacion en Materiales Avanzados	3	DIBIASE S A	6
University of Uyo	3	HATEGAN G	5
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	3	RIZVI S Q A	5
Universidade Federal do Rio de Janeiro	2	SINOPEC BEIJING RES INST CHEM IND	5
University of Johannesburg	2	UNIV CHONGQING TECHNOLOGY	5

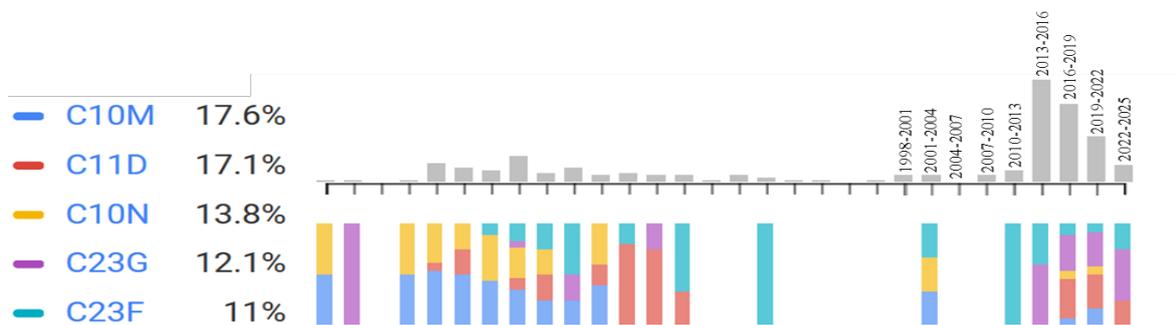
INSTITUIÇÃO	QUANT.	DEPOSITANTE	QUANT.
Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women	2	EXXONMOBIL RES ENG CO	4
Universiti Putra Malaysia	2	KURITA WATER IND LTD	4
Covenant University	2	PROCTER GAMBLE CO	4
Dr. G.R. Damodaran College of Science	1	SCHEIBEL J J	4
Federal Rural University of Semi-Arid	1	ANHUI CHANGCHENG CONVEYING MACHINERY MFG	3
Dr. G.R. Damodaran College of Science	1	GREEN P R	3
Corrosion y Proteccion Ingenieria	1	HANVAL INC	3
CPI	1	NALCO CO	3
Lvliang University	1	RENEWABLE LUBRICANTS INC	3
Laureate International Universities	1	RHEIN CHEMIE RHEINAU GMBH	3
Cosmetic Ingredient Review	1	SHANGHAI YUSHIRO CHEM IND CO LTD	3

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

### 3.6 WIPO e Google Patents

As bases de dados Google Patents e World Intellectual Property Organization (WIPO) apresentaram resultados semelhantes aos das bases de dados anteriormente citadas. Para o grupo de palavras-chave IV, por meio da plataforma do Google Patents, observou-se que os depositantes são majoritariamente grandes companhias, como a Standard Oil Dev Co (5,5%) e Exxon Research Engineering Co. (3,3%), e outras companhias com percentual abaixo de 2%. Os resultados de buscas também permitem observar, como mostrado na Figura 11, em números absolutos, que os códigos C10M (Composições Lubrificantes), C10N (Subclasse indexada ao C10M) e C11D (Composições de Detergentes) possuem maior número de depósitos. Percebe-se, ainda, que C10M e C10N tiveram seu ápice entre os anos de 1940 e meados dos anos de 1960, e C11D foi majoritário nos anos de 1970, sendo substituído pelo código C23F (Remoção Não Mecânica de Materiais Metálicos das Superfícies) como prioritário no fim dos anos de 1970 até meados dos anos de 2010, quando C23G (Limpeza ou Desengorduramento de Materiais Metálicos por Outros Métodos Químicos que não a Eletrólise) e C11D começaram a tomar o espaço na última década.

**Figura 11** – Empresas depositantes de patentes do grupo de palavras IV



Fonte: Adaptada de Google Patents (2024)

Lima-Coelho *et al.* (2015) relataram que as pesquisas e as patentes na área de corrosão eram lideradas pela China e pelos EUA, tendo o Brasil pouca contribuição nessa área. Resultado semelhante foi relatado por Costa e Lima (2018), quando eles averiguaram os depósitos com a fibra do coco. Santos, Martinez e Juiz (2019) descobriram que a fibra do coco tem sido pesquisada para aprimorar produtos têxtil no paisagismo, na jardinagem e na produção de substratos agrícolas, indústria automotiva, etc. Já Silva, Borschiver e Rodrigues (2021) indicaram que a fibra estava sendo usada mais recentemente como desenvolvimento de colchões com fibra de coco em sua composição, como meio de cultivo e na constituição de mantas para proteção de solos e de corpos hidrográficos. Nessas últimas citadas, o Brasil continuou não tendo aumento nos depósitos na área. Morais *et al.* (2018) constataram que, na área de inibidores de corrosão, os materiais inorgânicos estavam em decadência e os orgânicos estavam em ascensão, como óleo de coco, quitosana, extratos fúngicos, embora não sejam ainda uma realidade no mercado.

## 4 Considerações Finais

Com base nos grupos de palavras-chave observados, foi possível identificar que não existe uma grande quantidade de estudos ou de produtos que foquem na reutilização dos subprodutos do coco relacionados à inibição de corrosão, mesmo existindo alguns resultados que utilizam seu óleo. Todavia não há patente que se utiliza de alguma forma de fibra. Os resultados apontam que o foco dos investigadores de óleo de coco com fim anticorrosivo é majoritariamente de empresas petrolíferas, existindo ainda empresas de foco em produtos cosméticos e saúde. Esses resultados indicam que esse ainda é um mercado emergente e pouco investigado, com grandes possibilidades de exploração ainda desconhecidas e que teve suas pesquisas reduzidas após a pandemia, mas ainda se mostra promissor.

## 5 Perspectivas Futuras

Com base nos resultados de publicações e de depósitos ao longo do tempo, as pesquisas envolvendo especificamente derivados da fibra do coco para inibição de corrosão já demonstravam redução mesmo antes do período da pandemia de Covid-19, indicando que, a menos

que novos fatores de incentivo sejam descobertos, elas permanecerão estagnadas. No entanto, isso não se aplica aos derivados de coco que não envolvem a fibra, os quais demonstravam crescimento, mas quase cessaram durante e após a pandemia. Esses fatores indicam que, depois um período de normalização das pesquisas na área de inibição, os estudos com derivados do coco para a corrosão tendem a retornar. O Brasil continua mostrando pouca participação nos depósitos com derivados de coco, mesmo sendo um dos maiores produtores, desse modo, é necessário que haja incentivos para que o país possa demonstrar maior interesse na área. No mundo, o coco continua sendo pesquisado principalmente na área de cosméticos e de subprodutos para paisagismo e agricultura, desse modo, são poucos os investimentos para a área de corrosão.

## Referências

- ALMEIDA, V. M. D. L. **Estudo da Influência do Número de Acidez Total e Teor de Enxofre Total nas Frações Destiladas no Processo de Corrosão em Aços do Tipo AISI 1020 e AISI 316**. 2014. 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química do Centro de Ciências Exatas da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2014.
- BO, Zhao. Inventor. Zhao Bo. Titular. Univ Zhongyuan Technology. **Patente CN109338591A**. 2018.
- COSTA, H. K. dos S.; LIMA, L. C. P. de. Fibra de Coco: estudo exploratório sobre registro de patentes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, Edição Especial, p. 387-398, abr.-jun. 2018.
- D'OLIVEIRA, M. C. P. E. *et al.* Estudos recentes sobre compósitos de carboidratos para inibição da corrosão: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 11, n. 9, p. e41811932021-e41811932021, 2022.
- DANTAS, M. C. N.; CARDOSO, S. P. Inibidor de corrosão de origem vegetal: revisão em artigos publicados no brasil. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, [s.l.], v. 14, 2022. ISSN: 1984-5693.
- DAVIS, J. R. **Corrosion: Understanding the Basics**. OH: Ed. ASM International, Materials Park, 2000.
- DOMÍNGUEZ, A. O. **Análise Comparativa de Inibidores de Corrosão na Água de Poro e no Concreto Armado para Aço Carbono CA-50**. 2016. 110p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2016.
- ESPACENET. **Acesso gratuito a mais de 150 milhões de documentos de patentes**. 2024. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 15 maio 2024.
- FRAUCHES-SANTOS, C. *et al.* Corrosão e os Agentes Anticorrosivos. **Revista Virtual Química**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 293-309, 2014.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora LTC, 2012.
- GOOGLE PATENTS. **Página de busca**. 2024. Disponível em: <https://patents.google.com/>. Acesso em: 15 maio 2024.
- GUOFENG, Wang. Inventor. Wang Guofeng; Yang Yasheng; Chen Ke. Titular. Jiangsu Huayou

Decoration Eng Co Ltd. **Patente CN108239338A**. 2018.

LIMA, J. F. *et al.* Inibidores de Corrosão Verdes e Glicerina: revisão e perspectivas futuras. **Revista Sociedade Científica**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1528-1544, 2024.

LIMA-COELHO, S. F. *et al.* Inibidores de Corrosão do Concreto: estudo prospectivo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 8, n. 3, p. 495-501, jul.-set. 2015.

MACEDO, Ruza Gabriela Medeiros de Araujo *et al.* Inventor. Ruza Gabriela Medeiros de Araujo Macedo; Josealdo Tonholo; Adriana Santos Ribeiro; Maria Aparecida Medeiros Maciel; Tereza Neuma de Castro Dantas; Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira Rossi. Titular. Universidade Federal de Alagoas. **Patente BR1020120245914A2**. 2012.

MACIEL, Maria Aparecida Medeiros *et al.* Inventor. Maria Aparecida Medeiros Maciel; Cássia Carvalho de Almeida; Cátia Guaraciara Fernandes Teixeira Rossi; Dulce Maria de Araújo Melo; Carlos Alberto Martinez-Huitle. Titular. Maria Aparecida Medeiros Maciel. **Patente BR102016001609A2**. 2016.

MELLO, L. S. **Estudo de Corrosão Localizada dos Aços Inoxidáveis em Sistemas de Resfriamento Industrial**. 2011. 70p. Projeto de TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2011.

MORAIS, W. R. *et al.* Mapeamentoógiçoíficoçõesão. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, Ed. Esp. VIII ProspeCT&I, p. 1.579-1.595, dezembro, 2018.

PEDROZA-PERINÁN, D. E. *et al.* Evaluation of Theobroma Cacao Pod Husk Extracts as Corrosion Inhibitor for Carbon Steel. **Journal Ciencia, Tecnología y Futuro**, [s.l.], v. 6, n. 3, p. 147-156, 2016.

ROSSI, C. G. F. T. *et al.* Estudo Comparativo da Eficiência da Difenilcarbazida e do Óleo de Coco Saponificado Microemulsionados na Inibição da Corrosão de Aço Carbono. **Química Nova**, [s.l.], v. 30, n. 5, p. 1.128-1.132, 2007.

SABELKIN, V. *et al.* Investigation Into Crack Initiation from Corrosion Pit in 7075-T6 Under Ambient Laboratory and Saltwater Environments. **Engineering Fracture Mechanics**, [s.l.], v. 134, p. 111-123, 2015.

SANTOS, D. E. dos; MARTINEZ, F. C. C.; JUIZ, P. J. L. A Fibra de Coco como Matéria-Prima para o Desenvolvimento de Produtos: uma prospecção tecnológica em bancos de patentes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 1, p. 153-164, março, 2019.

SEAPA-MG – SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS. **Coco**. Belo Horizonte, MG: Seapa-MG, 2017.

SILVA, A. L. R. da; BORSCHIVER, S.; RODRIGUES, R. C. A Patente como Ferramenta de Construção de Estratégia Tecnológica: um estudo aplicado ao aproveitamento da fibra de coco. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 2, p. 460-474, junho, 2021.

TORRES, V. V. *et al.* Ação Inibidora de Extratos da Semente do Mamão papaia na Corrosão do Aço-Carbono 1020 em Hcl 1 Mol L-1. **Química Nova**, [s.l.], v. 39, n. 4, p. 423-430, 2016.

VIEIRA, D. V. *et al.* Estudo de inibidores de corrosão em concreto armado. **Revista Matéria**, [s.l.], v. 15, n. 3, p. 431-444, 2010.

## Sobre os Autores

### **Ana Lais de Araujo Costa**

*E-mail:* analaisdearaujo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5346-0054>

Mestre em Química e Biotecnologia pela Universidade Federal de Alagoas em 2015.

Endereço profissional: Universidade Federal de Alagoas, Câmpus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-970.

### **Gleidson Pereira de Oliveira e Silva**

*E-mail:* gledisonpos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7866-3459>

Mestre em Química e Biotecnologia pela Universidade Federal de Alagoas em 2021.

Endereço profissional: Universidade Federal de Alagoas, Câmpus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-970.

### **Josealdo Tonholo**

*E-mail:* tonholo@qui.ufal.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4015-9564>

Doutor em Físico-Química pela Universidade de São Paulo em 1997.

Endereço profissional: Universidade Federal de Alagoas, Câmpus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-970.

### **Fabiane Caxico de Abreu Galdino**

*E-mail:* fca@qui.ufal.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9723-414X>

Doutora em Química pela Universidade Federal de Pernambuco em 2001.

Endereço profissional: Universidade Federal de Alagoas, Câmpus A. C. Simões, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió, AL. CEP: 57072-970.

# Tecnologias Verdes: prospecção tecnológica de melhoria do solo

*Green Technologies: technological prospection for soil improvement*

André Luiz Gomes da Silva<sup>1</sup>

Alice Costa Macedo<sup>1</sup>

Viviane Souza Martins<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Feira de Santana, BA, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, BA, Brasil

## Resumo

O presente cenário global de crise ambiental exige dos países investimentos e incentivos no que diz respeito à busca por alternativas sustentáveis para suprir as demandas populacionais, inclusive com relação à produção de alimentos. As prospecções tecnológicas das chamadas Tecnologias Verdes são prioritárias, portanto para prover estratégias menos degradantes para a natureza nas atividades agrícolas. Considerando o exposto, este trabalho se propôs a analisar as patentes verdes direcionadas à agricultura sustentável. Para tanto, foi utilizada a base de dados Espacenet e, em seguida, foram minuciosamente detalhados os passos utilizados para se chegar ao resultado das 85 famílias de patentes que tratam do tema objeto deste estudo. Constatou-se que as tecnologias desenvolvidas no âmbito do estudo estão concentradas na China e que esse país tem muito a oferecer ao Brasil no que se refere à busca de soluções sustentáveis, servindo como *benchmark*. Conclui-se ainda que o Brasil, como grande potência mundial na produção de alimentos, precisa consolidar estratégias de produção agrícola sustentável inclusive para atender à agenda 2030 da ONU.

Palavras-chave: Prospecção Tecnológica; Tecnologias Verdes; Espacenet.

## Abstract

The current global scenario of environmental crisis requires countries to invest in and encourage the search for sustainable alternatives to meet population demands, including food production. Technological research into so-called Green Technologies is therefore a priority in order to provide strategies that are less degrading to nature in agricultural activities. In view of the above, this study set out to analyze green patents aimed at sustainable agriculture. To this end, the Espacenet tool was used, detailing the steps used to arrive at the results of the 85 patent families dealing with its subject. As a result, it was found that the technologies developed within the scope of the study are concentrated in China and that this country has a lot to offer Brazil in terms of finding such solutions, serving as a benchmark. It was also concluded that Brazil, as a major world power in food production, needs to consolidate sustainable agricultural production strategies in order to meet the UN's 2030 agenda.

Keywords: Technological Prospecting; Green Technologies; Espacenet.

Áreas Tecnológicas: Prospecção Tecnológica. Propriedade Intelectual. Tecnologias Verdes.



# 1 Introdução

O planeta Terra está chegando a um ponto de devastação em ritmo cada vez mais acelerado. As discussões, institucionais e acadêmicas, relativas à questão ambiental se intensificaram na década de 1960, associando o aumento da população humana ao colapso econômico e natural, baseadas na teoria de Thomas Malthus na obra “*Ensaio sobre o princípio da população*”, publicado originalmente em 1798. No intervalo de meio século, essa concepção foi fortemente questionada: desde a década de 1990, Hogan (1993) vem mostrando, em seus estudos, que reduzir o problema ambiental à pressão populacional quantitativa sobre os recursos naturais deve ser fortemente combatido. Atualmente, a análise apresenta-se de forma mais profunda e complexa: entende-se que o próprio sistema capitalista estrutura uma sociedade desigual e, historicamente, quem detém o poder econômico agrava mais a deflagração do cenário ambiental crítico, de modo que não é possível considerar que toda a população contribui da mesma forma para a crise ambiental. Com base nesse cenário, conclama-se a reflexão sobre a urgência de mudanças no modo de produção e de manejo da terra que vem dando sinais de colapso há algumas décadas.

A primeira Revolução Industrial inaugurou uma nova forma de a sociedade dominante se relacionar com o restante do mundo natural que se estruturou sobre a acumulação de capital por poucos ao custo da degradação ambiental, sobretudo de países do sul global. Nesse cenário, a população humana cresceu vertiginosamente e parte dos organismos internacionais passou a questionar se os recursos naturais seriam suficientes para suprir as necessidades da população humana quando a questão crucial seria saber se a natureza suporta manter o modo de produção e de consumo impostos pela sociedade capitalista. Essa forma de relação entre a sociedade e o restante da natureza produz consequências drásticas para a dinâmica dos sistemas ecológicos ou mesmo para todo o planeta, como é o caso das mudanças climáticas. Em estudo referente à ocupação do solo na cidade de São Paulo, por exemplo, Ramires e Mello-Théry (2018) destacam as consequências da ocupação desgovernada da cidade, principalmente a partir do ano de 1929, e fazem uma analogia com os alagamentos, assim como os vistos no Estado do Rio Grande do Sul no primeiro semestre de 2024.

Entretanto, não é apenas o mundo natural que é acometido pelos produtos indesejáveis dessa intervenção. A intensificação da extração de recursos naturais, por exemplo, abrolha conflitos socioambientais desde a escala local como questões fundiárias até a escala global como as guerras. Nesse cenário de desigualdades, muitas pessoas estão privadas até dos direitos fundamentais como o acesso a alimentos. A gravidade desse cenário fez com que a Organização das Nações Unidas (ONU) incluísse, entre os 17 objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), o compromisso com a erradicação da fome, a melhoria da nutrição e o incentivo à agricultura sustentável. Apesar das metas embutidas nesses objetivos, no relatório *O Estado da Segurança Alimentar e da Nutrição no Mundo (SOFI)*, publicado em 24 de julho de 2024, a ONU afirma que cerca de 733 milhões de pessoas passaram fome no ano de 2023 (FAO, 2024b). Esse relatório aponta que os índices mais alarmantes se encontram em países da África, Ásia e América Latina (FAO, 2024b). Considerando esse cenário, é importante prospectar alternativas que agreguem perspectivas sustentáveis para promover a produção de alimentos.

Esses dados e o panorama são relevantes para que seja percebido o quão importante são as ações do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) em parceria com a Organização

Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), no que diz respeito às iniciativas de estímulos para o desenvolvimento do chamado Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes (CPI), que tem como um dos seus objetivos otimizar o processo de concessão de patentes que são voltados para a sustentabilidade. Segundo Maia *et al.* (2022), as patentes verdes são um tipo de invenção ou um modelo de utilidade que são utilizados com o objetivo de mitigar os impactos ambientais, de modo que se relacionam com as tecnologias sustentáveis.

Combater as mudanças climáticas globais é o principal objetivo do Programa Patentes Verdes desenvolvido pelo INPI e tem como propósito, entre outros, acelerar o exame dos pedidos de patentes relacionados a tecnologias voltadas para o meio ambiente (INPI, 2022a).

O programa Patentes Verdes teve início em abril de 2012, e, com essa iniciativa, o INPI passou a ter a possibilidade de identificar novas tecnologias com maior agilidade e com possibilidade de redução do tempo de disponibilização destas para a sociedade. A partir de dezembro de 2016, o INPI passou a oferecer o exame prioritário para os pedidos relacionados à Tecnologia Verde (INPI, 2022a).

O programa-piloto de dezembro de 2016 teve grande sucesso, e, por esse motivo, o INPI transformou o programa num serviço permanente por meio da Resolução n. 175, de 6 de dezembro de 2016. O serviço também foi expandido pelo INPI a fim de abranger tanto os pedidos de patentes nacionais como os pedidos internacionais no âmbito do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT), não impondo restrições de data de depósito. “O serviço foi novamente ampliado em julho de 2020 (por meio da Resolução n. 247, de 30 de julho de 2020), e hoje inclui pedidos relacionados com a agricultura sustentável” (Moreira, 2021).

É pertinente trazer a listagem das Tecnologias Verdes, conforme mostra o inventário da OMPI (INPI, 2022a), essa listagem está subdividida em cinco famílias, em classes e em subclasses que englobam:

### **1) Energias alternativas:**

- a) Biocombustíveis e suas subclasses;
- b) Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC);
- c) Células-combustível;
- d) Pirólise ou gaseificação de biomassa;
- e) Aproveitamento de energia a partir de resíduos humanos e suas subclasses;
- f) Energia hidráulica e suas subclasses;
- g) Conversão de energia térmica dos oceanos (OTEC);
- h) Energia eólica;
- i) Energia solar e suas subclasses;
- j) Energia geotérmica;
- k) Outros tipos de produção ou utilização de calor não derivado de combustão;
- l) Utilização de calor residual;
- m) Dispositivos para produção de energia mecânica a partir de energia muscular.

## **2) Transportes:**

- a) Veículos híbridos;
- b) Veículos elétricos;
- c) Estações de carregamento para veículos elétricos
- d) Veículos alimentados por energia extraída da força da natureza (sol, vento, ondas, etc.);
- e) Veículos alimentados por fonte de potência externa (energia elétrica, etc.) e suas subclasses;
- f) Veículos com freios regenerativos;
- g) Veículos cuja carroceria possui baixo arrasto aerodinâmico;
- h) Veículos com embreagem eletromagnética (menor perda na transmissão).

## **3) Conservação de energia:**

- a) Armazenagem de energia elétrica;
- b) Circuitos de alimentação de energia elétrica;
- c) Medição de consumo de eletricidade;
- d) Armazenamento de energia térmica;
- e) Iluminação de baixo consumo energético;
- f) Isolamento térmico de edificações;
- g) Recuperação de energia mecânica (ex. balanço, rolamento, arfagem).

## **4) Gerenciamento de resíduo:**

- a) Eliminação de resíduo;
- b) Tratamento de resíduo e suas subclasses;

## **5) Agricultura sustentável:**

- a) Técnicas de reflorestamento;
- b) Técnicas alternativas de irrigação,
- c) Pesticidas alternativos; e
- d) Melhoria do solo (exemplo: fertilizantes orgânicos derivados de resíduos).

Em 2022, estudiosos do Instituto Federal de Campina Grande, na Paraíba, realizaram um importante monitoramento das patentes verdes no cenário nacional por meio do Programa de Patentes Verdes do INPI. O estudo revelou o perfil e as áreas mais produtivas para esse tipo de tecnologias no período entre o ano de 2012 e maio de 2021, sendo os destaques nas áreas de química e engenharia química com mais de 80% das patentes verdes no Brasil (Maia *et al.*, 2022). Os autores destacam ainda que há necessidade de mais investimentos em pesquisas na área de patentes verdes no país, a fim de fomentar a difusão dessas tecnologias de impactos ambientais e sua difusão no Brasil, já que encontraram uma baixa quantidade de artigos sobre programas com esse tema prioritário no INPI.

Outro trabalho que pode exemplificar essa emergência no investimento em pesquisas e em patentes verdes é o de Fanhaimpork, Nascimento e Melo (2022), que buscaram identificar as

áreas mais produtivas e mais protegidas em tecnologias verdes no âmbito das universidades, institutos de pesquisa, empresas e inventores livres na Amazônia Legal entre abril de 2012 e dezembro de 2020. Os autores encontraram poucos depósitos de patentes verdes, de modo que os principais depositantes são pessoas físicas, dado que surpreende, já que se espera nessa área tecnológica o envolvimento de grandes instituições de fomento à pesquisa, inclusive com investimentos públicos. Esses resultados revelam que a Região Amazônica, e pode-se até generalizar para o Brasil, não parece se assenhorar do próprio potencial que detém na área de desenvolvimento sustentável. Ainda segundo Fanhaimpork, Nascimento e Melo (2022), as patentes verdes na Amazônia Legal não recebem incentivos de políticas públicas e investimentos suficientes para estimular a propulsão sustentável da situação econômica da região, o que revela mais uma vez a urgência de mais esforços conjuntos nessa área no Brasil.

O presente estudo focará seu interesse especificamente em tecnologias verdes voltadas para a melhoria do solo. Para exemplificar pesquisas antecedentes, é possível destacar que, no ano de 2019, um grupo de pesquisadores do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas da Bahia (Sebrae-Ba), da Universidade Federal da Bahia, do Senai-Cimatec em Salvador, do Câmpus Integrado de Manufatura e Tecnologia e do INPI, em parceria com a Universidade Politécnica de Valência, na Espanha, revelaram dados históricos importantes sobre patentes verdes que impactam positivamente a saúde do solo a partir de biofertilizantes, aqueles que dispõem de microrganismos vivos para fertilizar o solo sem intoxicá-lo: entre os países que mais investem nessas patentes em prol do solo saudável, estão as nações da União Europeia, os Estados Unidos, a Coreia, a Índia e o Brasil, de modo que 95,53% respondem por empresas privadas e apenas 3,17% por Institutos de Pesquisas, revelando a necessidade urgente de investimentos públicos em políticas de inovação tecnológica e patentes verdes (Garrido *et al.*, 2019).

Com base nesse cenário, o objeto deste estudo de prospecção tecnológica está centrado no item melhoria do solo, que faz parte da família de agricultura sustentável. O objetivo é demonstrar, por meio da prospecção tecnológica de patentes verdes realizada na base de dados Espacenet, alternativas para o aproveitamento e a melhoria do solo por meio de estratégias ambientalmente sustentáveis.

## 2 Metodologia

A metodologia deste estudo apresenta características quanti e qualitativas, uma vez que foi feita uma busca quantitativa das patentes verdes da família A01B 79/00 na plataforma Espacenet e, a partir dos dados obtidos, foram feitas análises qualitativas, no que diz respeito a esse tipo de patente. Esta pesquisa possui perfil exploratório e descritivo, conforme aponta a concepção de Gil (2008), ao afirmar que as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Segundo Gil (2008), pesquisas exploratórias podem ter características que as aproximam de uma pesquisa descritiva, como ocorre neste estudo.

Também compõe o arcabouço metodológico deste estudo a realização de revisão bibliográfica para a composição do seu referencial teórico. Por se tratar de um tema com restritas referências publicadas, a pesquisa bibliográfica foi realizada no portal de periódicos da Capes,

utilizando os seguintes descritores e operador lógico “*Tecnologias AND Verdes*”. Além da utilização de descritores e de operador lógico, foram aplicados filtros, como o período das publicações, que deveriam abarcar o espaço de tempo do início da pandemia de Covid-19 até o ano corrente (de 2019 a 2024), haja vista os impactos que esse evento teve em toda a sociedade e na sua cadeia produtiva. A busca também foi restrita a artigos com revisão por pares para garantir um maior rigor na qualidade do material que iria subsidiar o referencial teórico da produção. Após o primeiro levantamento, com base em 746 artigos, os resumos foram lidos para que fossem excluídos aqueles textos cujos objetivos divergiam dos relacionados aos deste estudo. Os descritores e o operador lógico que foram utilizados para fazer o levantamento bibliográfico estão diretamente relacionados aos utilizados na prospecção tecnológica patentária realizada na ferramenta Espacenet.

## 2.1 A Prospecção

Para a realização deste trabalho de prospecção tecnológica, utilizou-se a base de pesquisa de busca de patentes Espacenet, para acesso a dados do Escritório Europeu de Patentes (EPO) (INPI, 2020). Essa base de busca é de acesso gratuito e livre, o que possibilita a qualquer pessoa interessada pelo objeto desta prospecção reproduzir os passos que a seguir serão detalhados. É importante destacar que não foi utilizada a base do INPI por esta não possuir patentes registradas nas famílias pesquisadas.

Em 2019, pesquisadores da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB) trouxeram contribuições metodológicas relevantes para os estudos sobre prospecção de patentes verdes que impactaram positivamente este trabalho: trata-se da sistematização para um modelo de prospecção tecnológica com a base de busca Espacenet, a mesma utilizada nesta pesquisa, e a Iramuteq, contribuindo para se pensar essa aplicação para bancos de dados de patentes verdes (Nascimento; Cajavilca; Santos, 2019).

A busca na base do Espacenet foi iniciada por meio da pesquisa de classificação, e foram aplicadas as palavras “melhoria do solo” (*soil improvement*) e depois foi selecionada a Classificação de Cooperação de Patentes (CCP) A01B 79/00, que está relacionada com métodos para trabalhar o solo.

Toda a pesquisa de prospecção foi executada no mesmo dia para garantir a uniformidade dos dados coletados. Como a ferramenta está em constante atualização, ao refazer a pesquisa utilizando os mesmos descritores e operadores lógicos, assim como os passos detalhados, em datas diversas, entende-se que os resultados apresentados poderão ser diferentes dos presentes neste estudo de prospecção tecnológica.

## 3 Resultados e Discussão

Como resultados encontrados, além da CPC A01B 79/00 supracitada, que está relacionada com métodos para trabalhar o solo, também foram detectadas as seguintes subclassificações: A01B 79/005, que está relacionada à agricultura de precisão; e A01B 79/02, que está associada à combinação da agricultura de precisão combinada com outro processamento agrícola, como fertilizar e plantar.

O resultado apresentado em 19 de maio de 2024 foi de 13.325 famílias de patentes, a partir dos critérios acima mencionados (*cpc=A01B79/00/low*). Quando incluída a Classificação Internacional de Patentes (CIP), que é adotada pelo INPI, juntamente com a CCP, na opção busca avançada da ferramenta, o número de retornos é alterado para 21.545 famílias de patentes.

Ao utilizar os mesmos descritores (*soil improvement*), com a classificação, por meio da adição de linha, escolhendo o operador booleano OR e selecionando em campos do texto (*text fields*), as opções título, resumo e reivindicações (*title, abstract or claims*), sendo o comando de busca (*cl = "A01B79/00/low" OR ctxt = "soil improvement"*), o número de retornos passa para 32.557 famílias de patentes.

Para tornar a busca mais específica e precisa, foi acrescentado mais um campo de busca, colocando o operador lógico AND, buscando em título, resumo ou reivindicações (*title, abstract or claims*), as palavras fertilizantes orgânicos (*organic fertilizers*), com isso, o retorno de resultados (*cl = "A01B79/00/low" AND ctxt = "soil improvement" AND ctxt = "organic fertilizers"*) foi reduzido para 85 famílias de patentes, tornando a busca mais objetiva e pontual.

Com esses resultados, foi possível fazer a utilização dos filtros da ferramenta, sendo que o primeiro filtro utilizado foi identificar os países da família (*family countries*), e o resultado obtido foi que apenas a China e a Holanda têm depósitos nessas famílias de patentes. A China possui 85 depósitos e a Holanda possui apenas um. No caso da patente localizada na Holanda, sob número *CN112913601A*, com data de prioridade de 3 de janeiro de 2021, ela traz um modelo de negócio capaz de permitir que o milho atinja grande produtividade de toneladas por área de campo semeada. Contudo, essa patente também foi depositada pela China, conforme apontam as letras iniciais da patente e registrada na Holanda por meio do PCT, o que demonstra que essa tecnologia específica está restrita à China, como desenvolvedor e também depositário. Esses dados corroboram a avaliação de Silva (2021) de que a China vem adaptando as suas formas de produção com vistas a tornar a agricultura mais sustentável, particularmente com ações que reduzam a utilização de insumos químicos no solo e investindo em reflorestamento e na recuperação de matas.

Essa constatação de que, mesmo após mais de uma década do início do Programa de Patentes Verdes, promovido pelo INPI e pela OMPI, o Brasil não possui nenhuma patente registrada referente ao item 5 do inventário do programa, que diz respeito à agricultura sustentável, na subclasse melhoria do solo, alerta para a falta de investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), que é um dado importante para os pesquisadores, as universidades, o governo e a indústria, principalmente a agroalimentar. Do ponto de vista político, é pertinente salientar que esse cenário contribui para o distanciamento do Brasil no cumprimento de metas relacionadas à Agenda 2030.

Bonaccorsi e Piccaluga (1994) ressaltam que as universidades são os maiores depositantes de patentes de residentes no país junto ao INPI (INPI, 2023b). Destaca-se que, além de um bom planejamento e um amplo arcabouço legal e metodológico em inovação, os protagonistas de instituições de pesquisa devem também investir na interação universidade-indústria-mercado-sociedade, a fim de utilizar melhor os potenciais que essas relações possuem para proporcionar avanços significativos na área de patentes, propriedade intelectual e transferência de tecnologia.

Esses dados demonstram um grande campo de oportunidade para Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) nessa área de extrema relevância não apenas para o Brasil, mas para os demais países do globo, uma vez que a busca de estratégias, principalmente patentárias, no desenvol-

vimento de alternativas sustentáveis para o suprimento da demanda alimentícia global é uma questão de grande relevância diante do atual cenário mundial.

A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2024a) alerta que, em um mundo com desafios constantes, é necessário que haja uma transformação nos sistemas agroalimentares a fim de preparar o planeta para o futuro. O Marco Estratégico da FAO (2022-2031) propõe a articulação da visão da organização de um mundo sustentável no qual todas as pessoas tenham segurança alimentar, no contexto da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (FAO, 2024a).

Dando continuidade à prospecção tecnológica, o filtro de data de prioridade mais antiga (*earliest priority date*) na base dados constatou que essa família de patentes é bastante recente, sendo que a primeira é datada de 2009, ou seja, cerca de 15 anos da realização deste trabalho de prospecção tecnológica e três anos antes do início das iniciativas do INPI em parceria com a OMPI para a criação da classificação de Tecnologias Verdes.

É importante para a análise verificar quais são os principais grupos e subgrupos de famílias, tanto na IPC, quanto na CPC, para tanto devem ser utilizados os filtros principais grupos da IPC (*IPC main groups*), subgrupos da IPC (*IPC subgroups*), principais grupos do CPC (*CPC main groups*) e subgrupos CPC (*CPC subgroups*).

Os dez principais grupos e subgrupos de famílias de patentes na classificação IPC e CPC, com as respectivas quantidades de famílias, estão apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** – Principais grupos e subgrupos de famílias de patentes da prospecção (IPC e CPC)

IPC GROUPS		IPC SUBGROUPS		CPC GROUPS		CPC SUBGROUPS	
Groups	Families	Groups	Families	Groups	Families	Groups	Families
A01B7985	82	A01B79/02	81	A01B79	62	A01B79/02	60
A01G2223	23	A01G17/00	22	A01G22	4	A01G17/005	18
A01G1722	22	A01C21/00	21	A01G17	18	A01B79/00	13
A01C2121	21	A01B79/00	17	A01C21	17	C05G3/80	13
C05G315	15	C05G3/80	14	C05G3	15	A01G22/00	12
A01G1314	14	A01G1/00	12	Y02P60	11	A01C21/00	10
A01G112	12	A01G13/00	12	A01G13	10	A01G22/22	10
C05F179	9	A01G22/22	10	Y02A40	10	Y02W30/40	10
C09K17	8	A01G22/00	7	Y02W30	10	A01G13/00	9
A01C1	7	C05G1/00	7	C05F17	9	Y02P60/20	8

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Conforme demonstrado na Tabela 1, em se tratando da Classificação Internacional de Patentes (CIP), toma-se como referencial o guia rápido sobre classificação de patente do INPI.

Segundo a Classificação Internacional de Patentes (CIP), estabelecida pelo Acordo de Estrasburgo de 1971, é previsto um sistema hierárquico de símbolos independentes de linguagem para a classificação de patentes e os modelos de utilidade de acordo com as diferentes áreas da tecnologia a que pertencem (WIPO, 2024).

O título de cada seção deve ser considerado como uma indicação ampla dela (WIPO, 2024), e são estas as seções da CIP: **Seção A** – Necessidades humanas; **Seção B** – Execução de operações e transporte; **Seção C** – Química e metalurgia; **Seção D** – Têxteis e papel; **Seção E** – Construções fixas; **Seção F** – Engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas e explosão; **Seção G** – Física; e **Seção H** – Eletricidade. As seções estão segmentadas em classes, subclasses, grupos e subgrupos. Por meio desse tipo de classificação, é possível recuperar documentos de patentes em quaisquer países que utilizam a CIP, o que viabiliza estudos de prospecções abrangentes e com informações mais precisas (Nunes Filho; Santos, 2019).

As famílias de patentes localizadas na prospecção tecnológica estão concentradas, em sua maioria, na Seção A, conforme demonstrado na Tabela 1, que está relacionada às necessidades humanas, com algumas ocorrências na Seção C, que está relacionada às áreas de química e metalurgia. A mesma constatação é feita quando observados os dados da Classificação Cooperativa de Patentes (CCP), sendo que na CCP, além das oito seções presentes na CIP, essa classificação também tem a Seção Y.

A Seção Y da CCP está destinada à classificação de novos desenvolvimentos tecnológicos, ou tecnologias emergentes, ou ainda, pode incluir tecnologias que abrangem de forma inter-relacionada diversos setores da CCP (INPI, 2022b).

A Seção Y está dividida em três classes: Y02 – abrange tecnologias, visando à mitigação de, ou adaptação, às mudanças climáticas; Y04 – tecnologias de telecomunicações ou de sistemas de informação com impacto/influência em outras áreas tecnológicas; e Y10 – assuntos técnicos cobertos pela classificação anterior de patentes norte-americanas.

A Classe Y02 inclui tecnologias voltadas para os efeitos de mudanças climáticas, por exemplo: tecnologias para mitigação das mudanças climáticas relacionadas com edificações, como captura, armazenagem e eliminação de gases causadores do efeito-estufa; tecnologias para a redução da emissão de gases do efeito estufa relacionados à geração, transmissão ou distribuição de energia; e tecnologias para mitigação das mudanças climáticas relacionadas ao tratamento ou gestão de resíduos.

A Classe Y04 inclui tecnologias de informação e comunicação voltadas para a área de energia elétrica como: sistemas integrando tecnologias relacionados à operação de redes de alta potência; tecnologias de comunicação ou informação para melhorias da geração de energia elétrica; e geração, transmissão, distribuição, gerenciamento ou uso da energia elétrica (redes inteligentes).

As Classes Y02 e Y04 foram criadas para monitorar novos desenvolvimentos tecnológicos e são sempre usadas em conjunto com as classificações específicas das outras seções (INPI, 2022b).

Conforme demonstrado na Tabela 1, os grupos e subgrupos da CCP relacionados às famílias de patentes localizadas na prospecção, das relacionadas à Seção A, as que estão relacionadas à Seção Y são da Classe Y02, que estão ligadas a patentes com tecnologias que visam a mitigar, ou adaptar, às mudanças relacionadas ao clima.

Ainda analisando os dados da Tabela 1, a concentração das famílias de patentes localizadas na prospecção está na Seção A (necessidades humanas), Classe 01 (agricultura, silvicultura, criação animal, caçando, armadilha e pescaria), Subclasse B (solo trabalho na agricultura ou floresta, peças, detalhes ou acessórios de máquinas ou implementos agrícolas, em geral), Grupo 79 (métodos para trabalhar o solo) e Subgrupo 02 (combinado com outro processamento agrícola, por exemplo, fertilizar, plantar).

Usando o filtro de data prioridade, conforme já mencionado, a primeira patente concedida relacionada ao objeto desta prospecção foi a *CN101869024A*, publicada em 27 de outubro de 2010, com prioridades e aplicativo *CN200910020730A·2009-04-21*, depositada na China, conforme iniciais no número de patente, com candidato, que é a nomenclatura utilizada pela base Espacenet para designar o requerente ou cessionário do depósito de patente, *Shandong Gaoduan Invest Co. Ltd.*, sendo que os inventores renunciaram ao direito de serem mencionados.

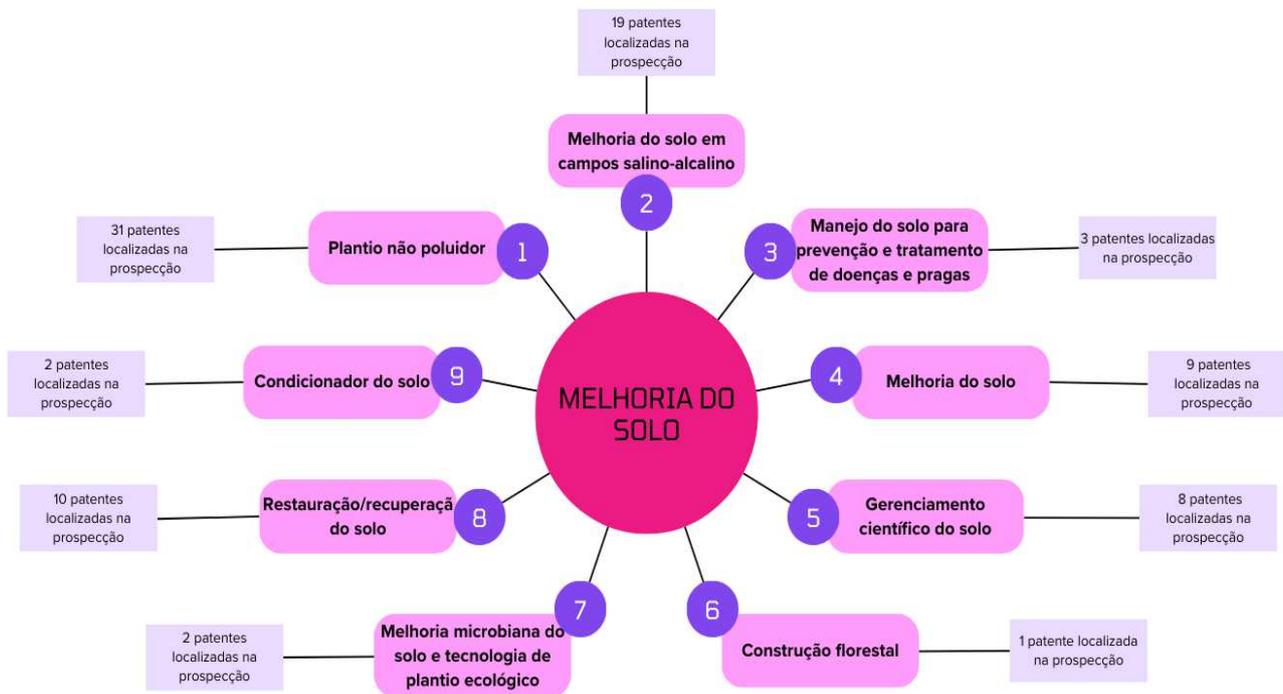
Usando o mesmo filtro de prioridade, agora para identificar a última patente, referente à família de patentes objeto desta prospecção, foi identificada a patente *CN117616934A*, publicada em 3 de janeiro de 2024, com prioridade e aplicativo *CN202410044450A·2024-01-12*, também depositada na China, conforme indicado nas iniciais da patente, tendo como candidatos *Desenvolvimento de Tecnologia Ecológica Costeira de Jiangsu Co. Ltd.* e inventor *Ventilador; Xu Wei; Hong Jianling; Peng Hao; Li Wenping; Fu Pengxiao; Wang Fan; Xu Wei; Hong Jianling; Peng Hao; Li Wenping; Fu Pengxiao.*

A única patente que consta na base do Espacenet, conforme mencionado, com registro fora da China é uma patente chinesa registrada também na Holanda, por meio do PCT. Essa patente foi publicada sob os números *CN112913601A* e *NL2031112A* e tem como data de publicação 8 de junho de 2021, com prioridades e aplicativo *CN202110222860A·2021-03-01*, tendo como candidatos *Mongólia Interior Zhenjin Seed Tech Co. Ltd.* e como inventores *Zhang Jun; Shenhan; Li Zhanbo; Zhang Fei; Zhang Qiang; Baiguoqing; Li Jing Jing; Guo Jianguang; Li Sha; Dai Minghui; Du Pengcheng; Lyu Wei; Wang Zhilian; Cao Ling.*

Essas três patentes demonstram que a China mantém uma constância de investimento em busca de inovações na área objeto desta prospecção, que é a melhoria do solo para produção agrícola sustentável.

A China está na vanguarda da busca por alternativas de produção sustentável e melhoria da sua cadeia de produção, buscando alternativas para alimentar a população de um país com alta densidade demográfica, que, conforme demonstrado pelo *PopulationPyramid.net* (2024), tem 149,03 pessoas por km<sup>2</sup> e sem abrir mão de compromissos globais de sustentabilidade, como os descritos nos Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), que são um apelo global para as ações com intuito de acabar com a pobreza e de proteger o meio ambiente e o clima (ONU, 2024).

A China é um *benchmark* no que diz respeito ao investimento e à promoção de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) para o desenvolvimento de Tecnologias Verdes, que tem como objetivo manter o melhor a produtividade sem renunciar à sustentabilidade. Todos os dados apresentados na Figura 1 foram obtidos a partir de patentes de origem chinesa.

**Figura 1** – Distribuição das patentes localizadas na prospecção

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

A Figura 1 categorizou as 85 patentes localizadas na atividade de prospecção. Essas patentes encontram-se distribuídas em nove grupos: plantio não poluidor, melhoria do solo em campo salino-alcálico, manejo do solo para prevenção e tratamento de doenças e pragas, melhoria do solo, gerenciamento científico do solo, construção florestal, melhoria microbiana do solo e tecnologia de plantio ecológico, restauração ou recuperação do solo e condicionador do solo.

Os três grupos com maior destaque na distribuição de patentes do objeto de pesquisa são: plantio não poluidor, com 36,47% do total de patentes localizadas; melhoria do solo em campo salino-alcálico vem logo em seguida com 22,35% do total de patentes localizadas; e em terceiro lugar vem a restauração ou a recuperação do solo, com 11,76% das patentes localizadas.

Vale apontar algumas observações em relação à distribuição presente na Figura 1. Essas patentes, por exemplo, descrevem o método de plantio em terreno salino-alcálico, nesses casos, elas foram priorizadas para o grupo plantio não poluidor, uma vez que se verifica nesse grupo uma maior relevância para o objeto prospectado. São exemplos dessa priorização de classificação as patentes: CN106069461A, CN107371676A, CN113711876A, CN108770406A, CN115191300A e a CN109121524A, que se relacionam ao plantio em terreno salino-alcálico, assim como foi colocada no grupo de restauração e de recuperação do solo a patente CN114788484A, que apresenta um método de recuperação rápida de mudas de arroz em solo salino-alcálico, uma vez que se entende que esta melhor se encaixa nesse grupo.

Para um maior aprofundamento de alguns resultados localizados na prospecção, foi realizada a escolha de três patentes a partir da potencialidade delas para o ambiente brasileiro. Partindo desse critério, as patentes selecionadas para serem analisadas foram: CN114982414A, que apresenta um método para melhorar o potencial de sequestro de carbono do solo usando fertilizante orgânico; CN102884889A, que apresenta o método para melhorar a qualidade do solo da horta; CN114830865A, que trata da fertilidade das terras agrícolas, melhorando a tecnologia e o processo de operação de engenharia.

A patente CN114982414A tem como depositante o *Centro de Serviço de Desenvolvimento Agrícola de Liaoning* e como inventores *Canção Dan e Wang Jilei*, essa patente tem as seguintes classificações na CIP A01B79/02, A01C21/00, C05F17/20, C05F17/50 e C05G3/80; como classificação CCP A01B79/02 (CN), A01C21/00 (CN), C05D1/00 (CN), C05F17/20 (CN), C05F17/50 (CN), C05G3/80 (CN) e Y02W30/40 (PE), e também conta com a classificação Conjunto C C05D1/00, C05F3/00, C05F5/002, C05F11/00, C05F11/08, C05F17/20, C05F17/50 e C05G3/80 (CN). Tendo como data de prioridade 22 de junho de 2022 e como data de publicação 2 de setembro de 2022, é possível constatar que se trata de uma patente recente, cujo detalhamento é demonstrando na Tabela 2. Vale destacar que os dados apresentados nas Tabelas 2, 3 e 4 foram organizados a partir dos resumos descritivos das referidas patentes e as tabelas foram elaboradas com o auxílio da tecnologia de inteligência artificial generativa ChatGPT.

**Tabela 2** – Descrição da Patente CN114982414A

CAMPO TÉCNICO	TÉCNICA DE FUNDO
<p>A invenção está relacionada ao campo da melhoria do solo, especificamente a um método para aumentar o potencial de sequestro de carbono do solo utilizando fertilizantes orgânicos.</p> <p><b>Sumário da Invenção</b></p> <p>A invenção propõe um método que usa fertilizantes orgânicos para melhorar o potencial de sequestro de carbono do solo. O método inclui:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Construir cristas na área de sequestro de carbono, enterrar o biocarvão nos sulcos, aplicar fertilizantes orgânicos e plantar culturas de adubo verde;</li> <li>• Após a colheita das culturas de adubo verde, esmagar os caules, misturá-los com fertilizantes orgânicos e arar profundamente o solo;</li> <li>• Anualmente, após a colheita, espalhar fertilizante orgânico e ara fundo antes de plantar a próxima safra.</li> </ul> <p><b>Efeito Técnico</b></p> <p>O método proposto aumenta significativamente o sequestro de carbono no solo (7,16-7,53 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>) e melhora o rendimento das culturas (828-859 kg/mu), em comparação com métodos convencionais que resultam em menores taxas de sequestro de carbono e produção agrícola.</p>	<p>Os sumidouros de carbono do solo são cruciais para reduzir as emissões de carbono e mitigar as mudanças climáticas globais. O solo armazena uma quantidade significativa de carbono, mais do que florestas e a atmosfera. No entanto, a urbanização e a redução das terras cultiváveis têm levado à diminuição da fertilidade do solo e à perda de carbono orgânico. Portanto, é urgente encontrar métodos eficazes para aumentar o sequestro de carbono no solo.</p> <p><b>Detalhes do Método</b></p> <p><b>Composição do Fertilizante Orgânico</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 – 55 partes de esterco de vaca;</li> <li>• 10 – 35 partes de esterco de ovelha;</li> <li>• 60 – 80 partes de palha vegetal;</li> <li>• 10 – 15 de biomassa de feijão;</li> <li>• 1 – 2 partes de microrganismos (incluindo <i>Bacillus Thuringiensis</i> e <i>Nocardia</i>).</li> </ul> <p><b>Aplicação e proporção</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade de fertilizante: 65 – 80 kg por mu;</li> <li>• Altura das cristas: 10- 25 cm;</li> <li>• Largura das cristas: 55 – 65 cm;</li> <li>• Espaçamento das cristas: 50 – 60 cm;</li> <li>• Profundidade de aragem: 20 – 50 cm.</li> </ul> <p><b>Biocarvão e Adubo Verde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O biocarvão é preparado a partir de palha;</li> <li>• Culturas de adubo verde incluem <i>A. chinensis</i>, alfafa, tamarindo, açafraão e miscanthus;</li> <li>• Proporção da mistura de palha e fertilizante orgânico: 1:5 – 7.</li> </ul>
<p><b>Exemplo</b></p> <p>Diferentes formulações de fertilizantes orgânicos foram testadas, todas mostrando melhorias significativas em comparação com exemplos comparativos que não utilizam biocarvão, fertilizantes orgânicos ou culturas de adubo verde</p>	
<p><b>Conclusão</b></p> <p>A invenção apresenta um método eficaz para aumentar o potencial de sequestro de carbono no solo por meio do uso de fertilizantes orgânicos combinados com biocarvão e culturas de adubo verde, resultando também em maior produtividade agrícola.</p>	

Forte: Elaborada com auxílio do ChatGPT (2024)

A patente CN102884889A tem como depositante e inventor Wang Juan, com classificação CIP A01B79/02, tem como datas de prioridade 26 de setembro de 2012 e de publicação em 23 de janeiro de 2013, está detalhada na Tabela 3.

**Tabela 3** – Descrição da Patente CN102884889A

CAMPO TÉCNICO	EFEITO TÉCNICO
A invenção refere-se à tecnologia de melhoria e cultivo de terras, especificamente a um método científico de melhoramento e fertilização de hortas antigas.	A qualidade do solo das hortas pode ser melhorada significativamente, resultando em uma boa colheita ao adotar a solução técnica descrita.
<b>Sumário da Invenção</b>	
<p><b>1. Aumento da Aplicação de Fertilizante Orgânico:</b> Melhorar o solo com fertilizantes orgânicos, coordenando fatores como água, fertilizantes, gás, calor e bactérias, criando um ambiente ótimo para o crescimento das plantas.</p> <p><b>2. Cultivo Científico do Solo:</b> Aplicação de fertilizantes orgânicos e aumento gradual da profundidade de camada de solo para mais de 30 cm. Cultivo no inverno e secagem no verão promovem a maturação do solo, garantindo solidez e fertilidade.</p>	<p><b>3. Rotação de Culturas:</b> Implementação de rotações de variedades vegetais de diferentes famílias e gêneros para otimizar o uso de nutrientes e melhorar a fertilidade do solo, além de reduzir o acúmulo de bactérias nocivas.</p> <p><b>4. Aplicação de Fertilizante Bacteriano Biológico:</b> Aumento de microrganismos benéficos no solo para melhorar sua atividade microbiana, compensando a diminuição destes após cultivo contínuo.</p> <p><b>5. Rega Razoável:</b> Uso de irrigação por gotejamento para proteger o solo, evitando erosão da camada superficial e danos à camada cultivada.</p>
<b>Exemplos Específicos</b>	
Seleção de uma parcela de 0,2 acres de horta antiga com solo ácido. Melhoramento com 4-5 kg de cinza de grama e fertilizantes químicos alcalinos, como bicarbonato de amônio e água com amônia. Implementação de rotação de culturas e cultivo consorciado para melhorar o solo e aumentar a eficiência do plantio. Técnicas adicionais incluem a cobertura de superfície para prevenir erosão e promover um bom crescimento das plantas.	

Forte: Elaborada com auxílio do ChatGPT (2024)

A patente CN114830865A tem como depositante Shanxi Boyan Biotecnologia Co. Ltd., e inventores Ele Kang Jia; Wang Tao; Li Jun; Wang Xiaokang; Wang Lili; Ele Chunfeng, essa patente tem classificação CIP A01B79/02 e A01C21/00 e classificação CCP A01B79/02 (CN), A01C21/00 (CN), Y02P60/20 (PE) e Y02W30/40 (PE), tem como datas de prioridade 2 de junho de 2022 e de publicação em 2 de agosto de 2022, ou seja, trata-se de uma tecnologia com desenvolvimento recente, está detalhada na Tabela 4.

**Tabela 4** – Descrição da Patente CN114830865A

CAMPO TÉCNICO	TÉCNICA DE FUNDO
A invenção trata da melhoria da resistência do solo em terras agrícolas, englobando uma tecnologia e um processo de operação de engenharia específicos para este fim.	Com o aumento da demanda agrícola, a qualidade das terras cultivadas tem se deteriorado, prejudicando a eficiência da produção. Este problema é especialmente evidente devido à baixa qualidade e fertilidade das terras, bem como a problemas como desertificação, salinização e erosão do solo. Portanto, há uma necessidade urgente de desenvolver tecnologias para melhorar a qualidade do solo agrícola.
<b>Sumário da Invenção</b>	
A invenção aborda a melhoria da fertilidade do solo agrícola e inclui tanto a tecnologia principal quanto tecnologias de suporte, além de um processo de operação de engenharia detalhado.	
<p><b>6. Tecnologia de Melhoria do Solo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Melhoria e Fertilização de Solos Acidificados:</b> Uso de condicionadores de solo como cal e ácidos em áreas com solo altamente acidificado, combinados com medidas de fertilização para aumentar a qualidade e rendimento das culturas;</li> <li>• <b>Melhoria e Fertilização de Solos Salino-Alcalinos:</b> Uso de gesso e outros condicionadores em áreas com alto nível de águas subterrâneas, combinados com tecnologia de fertilização para melhorar a qualidade do solo e das culturas.</li> </ul>	
<p><b>7. Tecnologias de Suporte:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolução de palha ao campo;</li> <li>• Plantio de adubo verde;</li> <li>• Aplicação de Fertilizantes orgânicos comerciais;</li> <li>• Aplicação de tecnologia de bioengenharia.</li> </ul>	
<p><b>8. Processo de Operação de Engenharia:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Passo 1:</b> Análise do solo e aplicação de condicionadores adequados;</li> <li>• <b>Passo 2:</b> Aumento da umidade e temperatura do solo;</li> <li>• <b>Passo 3:</b> Melhoria da estrutura do solo;</li> <li>• <b>Passo 4:</b> Plantio de adubos verdes;</li> <li>• <b>Passo 5:</b> Aplicação de fertilizantes orgânicos;</li> <li>• <b>Passo 6:</b> Aplicação de tecnologias de bioengenharia;</li> <li>• <b>Passo 7:</b> Devolução de palha ao campo.</li> </ul>	
<p style="text-align: center;"><b>Vantagens da Invenção</b></p> <p>A invenção promove a proteção e melhoria abrangente da qualidade das terras cultivadas, utilizando ciência e tecnologia modernas. A aplicação dessas práticas melhora a eficiência agrícola e o rendimento econômico dos agricultores, além de ser ecologicamente sustentável. A tecnologia descrita é adaptável a diferentes condições locais e merece ser amplamente promovida.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Descrição Detalhada</b></p> <p>A patente detalha os passos específicos do processo de melhoria do solo, incluindo a análise e aplicação de condicionadores, técnicas de plantio e fertilização, e métodos de aplicação de bioengenharia, enfatizando a necessidade de adaptar as práticas às condições locais para maximizar a eficiência e sustentabilidade do uso das terras agrícolas.</p>

Forte: Elaborada com auxílio do ChatGPT (2024)

As patentes cujas descrições são apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4 apontam as possibilidades que as tecnologias verdes do grupo agricultura sustentável e subgrupo melhoria do solo têm a oferecer. Essas tecnologias são acessíveis para todos os países que priorizam a sustentabilidade e as melhorias ambientais, assim como para aqueles que cumprem o objetivo desta prospecção, que é apresentar alternativas tangíveis e factíveis para a aplicação dessa prática em todo território produtivo brasileiro.

## 4 Considerações Finais

A parceria entre o INPI e a OMPI iniciada em 2012, que trouxe como resultado o desenvolvimento do processo prioritário para o registro das patentes relacionadas às chamadas Tecnologias

Verdes, foi um grande avanço no que diz respeito à busca de alternativas sustentáveis para o atendimento de uma demanda em crescente expansão, que é a alimentícia, de uma população em franco crescimento (INPI, 2022a).

A partir dos programas-piloto, a iniciativa do INPI foi estendida não apenas para patentes requeridas por depositantes residentes, mas também foi expandida para todos os países signatários do Acordo de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT) (Moreira, 2021).

Por outro lado, o estudo de prospecção patentária relacionada ao objeto deste estudo, que é melhoria do solo para uma agricultura sustentável, realizado por meio da base de dados gratuita de levantamento de patentes, demonstrou que nessa área a China é a dominante plena das tecnologias desenvolvidas. Entre 2009 e 2024, a China depositou 85 patentes relacionadas à família de patentes pesquisadas. Depois da China, outro país que possui depósito é a Holanda com apenas um depósito, sendo que, conforme demonstrado anteriormente, esse depósito foi requerido por meio do PCT pela China, o que torna esse país o único a desenvolver e a depositar tecnologias relacionadas ao objeto deste estudo.

Tendo a China como *benchmark*, o Brasil tem grandes oportunidades no que diz respeito ao desenvolvimento dessas tecnologias verdes, e o atual cenário é muito propício para as universidades, como os centros de pesquisa, e as indústrias, como potenciais investidores nessas pesquisas. Além disso, este estudo apontou oportunidades futuras para o governo brasileiro, já que deve ser o principal interessado no desenvolvimento de tecnologias que proporcionem um maior aproveitamento do solo em um país com um bioma diverso e com características continentais, haja vista sua extensão e localização geográfica.

Esses dados demonstram a urgência da união entre os agentes sociais do país, a saber: universidade, indústria, governo e sociedade civil, na busca de soluções sustentáveis que garantam a relevância agrícola global que o Brasil detém, contudo sem abrir mão das suas riquezas naturais, pois uma das alternativas para alcançar esse objetivo é fazer uso das Tecnologias Verdes também no que diz respeito à sua agricultura.

## 5 Perspectivas Futuras

Uma prospecção tecnológica é conclusa por si só, é uma ferramenta utilizada para o desenvolvimento de tecnologias que atendam a uma determinada demanda ou necessidade. Este estudo se propôs a lançar um olhar sobre as opções presentes e reais no que diz respeito à melhoria do solo para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável e ambientalmente responsável.

Entre as perspectivas futuras, está o despertar dos agentes promotores de Tecnologias Verdes relacionadas a tecnologias agrícolas. Com base neste estudo de prospecção, percebe-se que há um chamamento para a reflexão de quanto o Brasil, por meio de seus agentes e pela produção agrícola, está fazendo uso e direcionando esforços para as chamadas Patentes Verdes, que estão diretamente ligadas aos ODS e objetivam proporcionar crescimento sustentável e ambientalmente seguro, com foco não apenas nas demandas presentes, que são urgentes, mas principalmente com a perenidade das demandas futuras, que tendem a ser ainda mais desafiadoras, frente a fatores como a mudança climática que se apresenta como um desafio global.

Faz-se necessário que outras prospecções tecnológicas relacionadas às Patentes Verdes, com ênfase na melhoria do solo e na fertilização, sejam feitas a fim de municiar possíveis interessados nessas soluções tecnológicas com estes trabalhos.

## Referências

BONACCORSI, Andrea; PICCALUGA, Andrea. A Theoretical Framework for the Evaluation of University-Industry Relationships. **R&D Management**, [s.l.], v. 24, n. 3, p. 229-247, 1994. Disponível em: [https://rnpprimo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN\\_cdi\\_crossref\\_primario\\_y\\_10\\_1111\\_j\\_1467\\_9310\\_1994\\_tb00876\\_x](https://rnpprimo.hosted.exlibrisgroup.com/permalink/f/vsvpiv/TN_cdi_crossref_primario_y_10_1111_j_1467_9310_1994_tb00876_x). Acesso em: 15 abr. 2024.

CANÇÃO, Dan; WANG, Jilei, Inventores. Centro de Serviço de Desenvolvimento Agrícola de Liaoning. Depositante. **Método para melhorar o potencial de sequestro de carbono do solo usando fertilizante orgânico**. China CN114982414A. 2022.

CHATGPT. **Página inicial**. 2024. Disponível em: <https://chatgpt.com/>. Acesso em: 15 abr. 2024.

ELE, Kang Jia *et al.* Inventores. Shanxi Boyan Biotecnologia CO LTD. Depositante. **Tecnologia de melhoria da fertilidade das terras agrícolas e processo de operação de engenharia**. China CN114830865A. 2022.

FANHAIMPORK, Dinorvan; NASCIMENTO, Diemerson de Souza; MELO, Daniel Reis Armond de. O Desempenho e as Tendências das Patentes Verdes na Amazônia Legal. **Revista Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 2, p. 507-522, abril a junho, 2022.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAO no Brasil**. 2024a. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/pt/>. Acesso em: 19 maio 2024.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The state of food security and nutrition in the world**. Rome, 2024b. Disponível em: [https://brasil.un.org/sites/default/files/2024-07/ONU\\_SOFI\\_2024.pdf](https://brasil.un.org/sites/default/files/2024-07/ONU_SOFI_2024.pdf). Acesso em: 25 jul. 2024.

GARRIDO, Eduardo Cardoso *et al.* Tecnologias para a Produção de Biofertilizantes: tendências e oportunidades. **Revista Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 665-679, setembro, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.

HOGAN, D. J. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. **Lua Nova**, [s.l.], v. 31, p. 8-20, 1993.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Guia rápido sobre classificação de patente**. [2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/guias-rapidos-de-patentes/guias-em-pdf/classificacao.pdf>. Acesso em: 18 maio 2024.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Guia Simplificado para buscas em bases de patente gratuitas**. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/arquivos/modulo-3-base-espacenet-revisado09112020.pdf>. Acesso em: 19 maio 2024.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Patentes verdes**. 2022a. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tramite-prioritario/projetos-piloto/Patentes\\_verdes](https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tramite-prioritario/projetos-piloto/Patentes_verdes). Acesso em: 19 maio 2024.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Classificação Cooperativa de Patentes (CCP)**. Módulo Avançado – Complementar I. 2022b. Disponível em: [https://www.gov.br/inpi/pt-br/uso-estrategico-da-pi/estudos-e-informacao-tecnologica/ClassificaoCPC\\_MduloAvanadoComplementarI\\_Tutorialdebusca\\_INPI\\_out2022.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/uso-estrategico-da-pi/estudos-e-informacao-tecnologica/ClassificaoCPC_MduloAvanadoComplementarI_Tutorialdebusca_INPI_out2022.pdf). Acesso em: 19 maio 2024.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Materiais de Consulta e Apoio**. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/materiais-de-consulta-e-apoio>. Acesso em: 19 maio 2024.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Ranking Depositantes Residentes-2023**. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/noticias/RankingdeDepositantesResidentes2023.pdf>. Acesso em: 19 maio 2024.

MAIA, Erika dos Santos Leal *et al.* Monitoramento Tecnológico das Patentes Verdes no Cenário Brasileiro. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 3, p. 705-722, julho a setembro, 2022.

MOREIRA, Pedro. Panorama atualizado do patenteamento acelerado para invenções “verdes” no Brasil. **Revista da OMPI-WIPO**. Maio de 2021. Disponível em: [https://www.wipo.int/wipo\\_magazine\\_digital/pt/2021/article\\_0003.html](https://www.wipo.int/wipo_magazine_digital/pt/2021/article_0003.html). Acesso em: 19 maio 2024.

NASCIMENTO, Tatiana Costa; CAJAVILCA, Erick Samuel Rojas; SANTOS, Aline Teles. Sistematização de um Modelo de Prospecção Tecnológica com as Ferramentas Espacenet e Iramuteq: aplicação para banco de dados de patentes verdes do elemento fósforo. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 563-575, setembro, 2019.

NUNES FILHO, Luiz; SANTOS, Raimundo Nonato Macedo dos. Prospecção de Tecnologias Verdes com Foco em Gerenciamento de Resíduos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 4, p. 936-954, dezembro, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v12i4.32016>.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 19 maio 2024.

POPULATION PYRAMID.NET. **Densidades populacionais**. 2024. Disponível em: <https://www.populationpyramid.net/pt/densidades-populacionais/rep%C3%BAblica-popular-da-china/2024/>. Acesso em: 19 maio 2024.

RAMIRES, Jane Zilda dos Santos; MELLO-THÉRY, Neli Aparecida de. Uso e ocupação do solo de São Paulo, alterações climáticas e os riscos ambientais contemporâneos. *Confins*: **Revista Franco Brasileira de Geografia**, [s.l.], n. 34, 2018. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/12779>. Acesso em: 19 maio 2024.

SILVA, J. V. B. Dinâmica da economia agrícola da china e de suas províncias e regiões. **Nota técnica: IPEA**, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10957/1/NT\\_Dinamica\\_da\\_Economia\\_Agricola\\_Publicacao\\_Preliminar.pdf](https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10957/1/NT_Dinamica_da_Economia_Agricola_Publicacao_Preliminar.pdf). Acesso em: 25 ago. 2024.

WANG, Juan, Inventor. Wang Juan. Depositante. **Método para melhorar a qualidade do solo da horta**. China CN102884889A. 2013.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **International Patent Classification (IPC)**. 2024. Disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>. Acesso em: 19 maio 2024.

## Sobre os Autores

### **André Luiz Gomes da Silva**

*E-mail:* andregomes.pos@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5605-5058>

Mestrando em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Endereço profissional: Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (Cetens/UFRB), Av. Centenário, n. 697, Sim, Feira de Santana, BA. CEP: 44042280.

### **Alice Costa Macedo**

*E-mail:* alicemacedo@ufrb.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0955-1218>

Doutora em Psicologia pela Universidade de São Paulo em 2015.

Endereço profissional: Centro de Ciência e Tecnologia em Energia e Sustentabilidade (Cetens/UFRB), Av. Centenário, n. 697, Sim, Feira de Santana, BA. CEP: 44042280.

### **Viviane Souza Martins**

*E-mail:* vsmartins@uefs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2976-0332>

Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Campinas em 2014.

Endereço profissional: Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Av. Transnordestina, s/n, Novo Horizonte, Feira de Santana, BA. CEP: 44036-900.

# Títulos Verdes como Ferramentas de Transição para um Agronegócio Sustentável

## *Green Bonds as a Transition Tool Towards Sustainable Agribusiness*

Thais Guedes Maximo Monteiro<sup>1</sup>

Victor Hugo Souza de Abreu<sup>2</sup>

Renata Angeli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

### Resumo

A atividade agropecuária no Brasil remonta aos tempos coloniais e destaca uma infinidade de ciclos de produtos que foram dispostos em regiões alargadas com as fronteiras agrícolas. Porém, é preciso ponderar sobre os passivos do agronegócio, como o avanço do desmatamento e demais fatores que destacam seu envolvimento nas emissões dos Gases de Efeito Estufa. Nos últimos anos, um número crescente de empresas emitiu títulos verdes com o intuito de atrair investidores que veem na pauta verde a chance de se promoverem positivamente perante o mercado enquanto contribuem para a preservação dos recursos naturais e o enfraquecimento dos agentes causadores da mudança climática. Dessa forma, o presente estudo abordou a necessidade de um agronegócio efetivamente benéfico ao meio ambiente, analisando-se os critérios para a emissão de títulos verdes como ferramentas para uma transição sustentável. Foi realizada uma revisão sistemática da literatura, conduzida nas bases de dados Scopus e Google Acadêmico, considerando o período entre 2007 e 2024.

Palavras-chave: Títulos Verdes; Agronegócio; Mudança Climática.

### Abstract

Agricultural activity in Brazil dates back to colonial times and highlights a multitude of product cycles that were arranged in regions extended by agricultural frontiers. However, it is necessary to consider the liabilities of agribusiness, such as the advance of deforestation and other factors that highlight its involvement in Greenhouse Gas emissions. In recent years, an increasing number of companies have issued green bonds, seeking to attract investors who see the green agenda as a chance to promote themselves positively in the market, while contributing to the preservation of natural resources and weakening the agents causing climate change. . Therefore, the present study addressed the need for an agribusiness that is effectively beneficial to the environment, analyzing the criteria for issuing green bonds as tools for a sustainable transition. A systematic review of the literature was carried out, conducted in the Scopus and Google Scholar databases, considering the period between 2007 and 2024.

Palavras-chave: Green Bonds; Agribusiness; Climate Change.

Áreas Tecnológicas: Agronegócio. Mercado Financeiro.



# 1 Introdução

No ano de 2017, mais de 15.000 cientistas de 184 países declararam que a sustentabilidade deveria tornar-se pauta obrigatória em vista dos negócios convencionais, de modo a evitar, além da perda catastrófica de biodiversidade e da disponibilidade de água doce, uma miséria generalizada em todo o planeta (Ripple *et al.*, 2017). As últimas duas décadas contiveram 90% dos dias mais quentes das medições de temperatura global já registradas, desde seu início em 1850 (WMO, 2018). Por consequência, em julho de 2019, 197 bilhões de toneladas de camadas de gelo da Groenlândia – um número recorde – derreteram (DMI, 2019), preocupando cientistas em todo o mundo por resultar diretamente no aumento do nível do mar. Não coincidentemente, um estudo publicado nos *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* demonstrou o aumento do nível do mar pode superar os 2 metros, ainda neste século, devido ao derretimento acelerado do gelo polar, implicando perda de 1,79 milhão de quilômetros quadrados de terras e no deslocamento de até 187 milhões de pessoas. É importante ressaltar, ainda, que a perda de terras impacta diretamente na produção de alimentos (Bamber *et al.*, 2019).

A inadiável transição para a descarbonização requer investimentos consideráveis, visto que é estimado um aporte de 131 trilhões de dólares até 2050 para limitação do aumento da temperatura global em 1,5 graus Celsius (Irena, 2021), ou seja, mais de 4 trilhões de dólares anuais. Considerado ainda uma inovação financeira recente, os Títulos Verdes podem ser essenciais no fornecimento de capital significativo para investimentos relacionados à mudança climática (Monteiro; De Abreu; Santos, 2023; De Assis *et al.*, 2022).

Os projetos verdes apresentam variação quanto à sua eficácia (redução de carbono), com diferentes habilidades também no levantamento de fundos. Dessa forma, o investimento em Títulos Verdes pode retornar resultados muito distintos, dependendo do emissor. Porém, é fato que a redução de carbono pode aumentar de forma acelerada, juntamente com a redução dos custos de implementação de ferramentas que propiciem isso, se os mercados financeiros efetivamente direcionarem fundos para projetos consideráveis com benefícios ambientais que, seguramente, não seriam realizados de outra forma. Uma alocação ineficiente dos fundos financeiros seria um desperdício de tempo e dinheiro, do ponto de vista dos investidores, pois não geraria o impacto esperado e prometido (Elbannan; Löffler, 2024).

Os incentivos fiscais e outras vantagens associadas aos Títulos Verdes atendem, sob a perspectiva dos investidores, aos interesses de longo prazo de quem busca proteção contra a inflação, a inadimplência e, principalmente, a volatilidade do mercado (Veys, 2010). Além disso, os requisitos de rotulagem exigem relatórios pós-emissão que informem aos *stakeholders* nos mercados internacionais de capitais sobre a sustentabilidade do emissor, ratificando o desenvolvimento de um sistema de financiamento verde mais diligente (Ng, 2018).

Dessa forma, foi feita uma revisão sistemática da literatura, por meio de pesquisa bibliográfica, incluindo a análise de artigos acadêmicos e outras fontes relevantes, resultantes de palavras-chaves pesquisadas nas bases de dados Scopus e Google acadêmico, considerando o

período entre 2007 e 2024. Discorreu-se sobre a necessidade de tornar o agronegócio sustentável e analisou-se os parâmetros utilizados na emissão de um Título Verde, com o objetivo de fomentar a reflexão acerca do setor que transpassa toda a sociedade por meio do fornecimento de alimentos, de insumos para as indústrias, entre outros.

## 2 Metodologia

O presente estudo foi conduzido por meio de uma revisão sistemática da literatura e de pesquisa bibliográfica, com o objetivo de investigar as tendências e as práticas relacionadas aos Títulos Verdes e ao agronegócio. Para isso, foram adotados procedimentos metodológicos rigorosos, iniciando com a seleção de fontes de informação apropriadas. Artigos científicos, capítulos de livros, relatórios e documentos técnicos foram criteriosamente escolhidos a partir de pesquisas realizadas na base de dados *on-line* Google Acadêmico, considerando o período entre 2007 e 2024.

O Google Acadêmico foi selecionado como a principal fonte de pesquisa devido à sua ampla acessibilidade e abrangência, sendo uma ferramenta que oferece uma vasta gama de trabalhos acadêmicos, incluindo artigos de congressos, teses, dissertações e artigos de periódicos de acesso aberto ou pagos. As palavras-chave utilizadas para realizar as buscas foram “*green bonds*”, “agronegócio”, “agricultura sustentável”, “mudança climática” e “títulos verdes” com o propósito de abranger todas as áreas relevantes para o escopo do estudo.

Além disso, foram realizadas buscas documentais em *sites* oficiais de organizações reconhecidas no campo dos Títulos Verdes, como o Climate Bonds Initiative (CBI) e a International Capital Market Association (ICMA), a fim de complementar as informações obtidas no Google Acadêmico e garantir uma abordagem abrangente do tema.

Paralelamente, para garantir a robustez e a abrangência da revisão bibliográfica, foram utilizadas bases de dados pagas de renome, como a Scopus. Utilizando as palavras-chave específicas relacionadas aos Títulos Verdes e ao agronegócio, foram identificados 72 estudos publicados entre 2017 e 2023. Esses estudos foram analisados de forma criteriosa, comparando e contrastando seus resultados com os obtidos por meio do Google Acadêmico.

Essa abordagem metodológica permitiu uma investigação aprofundada das tendências e práticas relacionadas aos Títulos Verdes e ao agronegócio, fornecendo uma base sólida para as análises e conclusões apresentadas no estudo. A Figura 1 ilustra de forma esquemática o processo metodológico adotado, no qual foram aplicados filtros para refinamento dos estudos resultantes das palavras-chave pesquisadas no Google Acadêmico e Scopus, considerando critérios como data de publicação e resultados obtidos.

**Figura 1** – Metodologia utilizada



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Os resultados finais da pesquisa foram então organizados e apresentados de maneira sistemática, destacando as principais descobertas e contribuições. Esse processo permitiu uma compreensão aprofundada do tema e forneceu uma base sólida para as análises e discussões subsequentes no presente artigo.

### 3 Resultados e Discussão

Nesta seção, serão discutidos a necessidade de tornar o agronegócio sustentável e os Títulos Verdes.

#### 3.1 A Necessidade de Tornar o Agronegócio Sustentável

A agroindústria brasileira detém uma relevância significativa para o desenvolvimento econômico do Brasil ao conectar os participantes do princípio (insumos) ao final (comercialização) do processo, intercomunicando toda a cadeia produtiva (Santos; Vieira Filho, 2016). No entanto, as más práticas na agricultura, como a adição de fertilizantes e outros produtos químicos de forma ineficiente ou acompanhada de água em excesso, geram consequências ambientais, econômicas e sociais. Isso ocorre, pois a filtração contaminada resultante é transportada para os sistemas de drenagem e locais em que a água da superfície infiltra-se no solo de forma a recarregar os aquíferos subterrâneos, bem abaixo das terras cultivadas (Hadas *et al.*, 1999).

Nos últimos anos, a crescente preocupação com questões ambientais causou um aumento substancial de investimentos pautados em *Environmental, Social and Governance* (ESG), e investidores incorporaram tais fatores juntamente com a análise financeira tradicional em seus processos de tomada de decisão econômica. Isso ocorre, pois o conceito de ESG considera não apenas os fatores financeiros, mas também os ambientais (relacionando questões como

mudança climática, emissões de Gases de Efeito Estufa, esgotamento de recursos e poluição), sociais (relativo a condições de trabalho, à igualdade social e de gênero e à saúde e segurança) e de governança (considerando o comportamento responsável das empresas, influência política, tributação e diversidade no conselho de administração) nos investimentos (Torrenova, 2021).

Com o aumento populacional a cada ano, cresce igualmente a demanda por água doce necessária para satisfazer as futuras necessidades de irrigação, corroborando para impactos negativos como a redução considerável da biodiversidade, o aumento da salinidade do solo e a deterioração das fontes de água (Singh, 2010) e, a nível social, a ampliação da vulnerabilidade e da desigualdade. Dessa forma, no âmbito do agronegócio, é possível citar ações de ESG por meio da agricultura irrigada, que aborda desafios sociais significativos como a mudança climática, o desenvolvimento humano e o crescimento sustentável, utilizando energias renováveis distribuídas e soluções financeiras descentralizadas para criar instrumentos financeiros eficazes e economicamente vantajosos (Pombo-Romero; Rúas-Barrosa, 2022).

É esperado um desequilíbrio no abastecimento de água com as alterações climáticas globais em curso, como secas prolongadas, resultantes das mudanças nos ciclos de chuva, e fenômenos climáticos extremos mais frequentes e intensos (Sillmann; Roeckner, 2008). Tais efeitos vão repercutir diretamente na agricultura, afetando a umidade do solo, o processo de evapotranspiração e os fluxos de escoamento superficial (Zhang *et al.*, 2017). Logo, torna-se necessário implementar ações de transição para uma agricultura que mitigue os efeitos da mudança climática, permitindo uma utilização mais eficiente da água e dos recursos naturais. Porém, para algumas empresas, a busca por investimento é crucial, uma vez que elas enfrentam desafios financeiros que as impedem de implementar ações sustentáveis sem financiamento externo.

É importante salientar, ainda, que o uso da tecnologia de irrigação não só economiza água e aumenta a produção, mas também tende a beneficiar os produtos agrícolas em termos de valor nutricional, atrelado diretamente à garantia da segurança alimentar e à melhoria das condições ambientais (Zhang *et al.*, 2019). A eficiência do uso da água tende a impulsionar os ganhos financeiros e a garantir o fornecimento de serviços ecossistêmicos com custos sociais e ambientais mais baixos (Boutraa, 2010), pois incluem, entre outros fatores, a captação de água da chuva e as práticas de irrigação de precisão para conservar as águas subterrâneas (Morison *et al.*, 2008).

Nesse sentido, o sistema financeiro possui um papel fundamental na orientação e na alocação eficiente de capital na economia legítima, pois a promoção das finanças verdes é um passo crucial para tornar a economia em si mais sustentável. A ideia de ampliar a oferta de financiamento verde surgiu na Cúpula do G20 em 2016 e foi necessária uma política fiscal e monetária do governo para apoiar tal ação. No ano seguinte, a Network for Greening the Financial System (NGFS) – uma rede de bancos centrais e de supervisores para esverdear o sistema financeiro – foi lançada durante o Paris One Planet Summit (Batrancea *et al.*, 2020). Desenvolver estratégias de sustentabilidade, com o intuito de conseguir financiamento para a emissão de Títulos Verdes, tornou-se fundamental, e empresas brasileiras têm se concentrado em certificações da RenovaBio, no manejo agrícola de baixo carbono, em condições de adaptação/resiliência, entre outros.

As práticas de sustentabilidade e de responsabilidade social tornam-se, então, elementos de diferenciação e de vantagem competitiva no agronegócio brasileiro, visto que a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade é essencial para mitigação dos impactos do processo produtivo e uma condição de sobrevivência a longo prazo. Por conseguinte, no setor agrícola brasileiro, a quantificação e as ações dos estoques de carbono na vegetação antropizada são necessárias. Ferramentas como o plantio direto, adubos verdes, mecanização agrícola com tecnologia embarcada e a expansão do modelo ILPF são capazes de reduzir as emissões de GEEs. A integração da cana-de-açúcar com outras culturas como milho e soja na agroenergia está em rápida expansão, já que a introdução da cana em áreas degradadas torna-se também uma importante ferramenta no estímulo à produção de etanol e no uso de resíduos para produção de bioeletricidade, biogás e biometano. Em razão disso, políticas públicas como a RenovaBio, o Plano ABC e o Combustível do Futuro<sup>1</sup> têm papel importante nesse cenário (Carvalho, 2022).

Para implementação dessas melhorias em empresas brasileiras, é necessário capital, e investidores têm demonstrado interesse crescente em incluir investimentos mais sustentáveis em suas carteiras. Isso tem impulsionado o crescimento de emissões de Títulos Verdes, refletindo mudanças no ambiente socioeconômico.

A mudança climática poderia ser considerada a maior falha de mercado e a maior externalidade da história, pois tanto a externalidade em si quanto as ações necessárias para combatê-la são de natureza intergeracional (Stern, 2007). Uma vez que os GEEs têm um longo tempo de vida e seus efeitos persistem por muito tempo após serem emitidos, as medidas onerosas adotadas hoje irão gerar benefícios futuros, que serão desfrutados por gerações posteriores, muito além do período de vida das gerações atuais financiadoras. Portanto, qualquer resposta eficaz ao combate às mudanças climáticas envolve uma robusta ação política entre gerações, que pode criar vencedores e perdedores entre as diferentes gerações e levantar questões complexas sobre a equidade intergeracional e o compromisso com a eficiência.

Como Pearson (2011) destacou, alguns pensamentos seriam inerentes à geração investidora que consideraria se realmente deve-se sacrificar o uso de energia de combustíveis fósseis baratos no presente para que as gerações futuras, que presumivelmente serão mais ricas e desenvolvidas, possam evitar a adaptação forçada a um mundo mais quente. Não há uma maneira óbvia para que as gerações futuras compensem a geração atual pelos sacrifícios feitos na adoção de medidas caras de redução das emissões de GEE no presente. E, apesar de não haver um mecanismo que assegure uma compensação às futuras gerações pelas consequências do aquecimento global, a geração atual segue desenvolvendo ferramentas como o Títulos Verdes de forma a mitigar os efeitos já sentidos da mudança climática (Andersen; Bhattacharya; Liu, 2020).

### 3.2 Títulos Verdes

Os títulos verdes são caracterizados como qualquer título de dívida cujos fundos destinam-se exclusivamente ao financiamento ou ao refinanciamento, total ou parcial, de projetos novos ou já existentes que sejam ambientalmente sustentáveis (ICMA, 2021). Uma ampla gama de nações ao redor do globo começou a emitir esses títulos verdes, na última década, com o objetivo de

<sup>1</sup> RenovaBio é uma política pública brasileira voltada para a promoção de biocombustíveis (<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>), o Plano ABC é uma iniciativa que busca reduzir as emissões de GEE na agricultura (<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais>) e o Programa Combustível do Futuro visa a ampliar o uso de combustíveis sustentáveis e de baixa emissão de carbono (<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/petroleo-gas-natural-e-biocombustiveis/combustivel-do-futuro>).

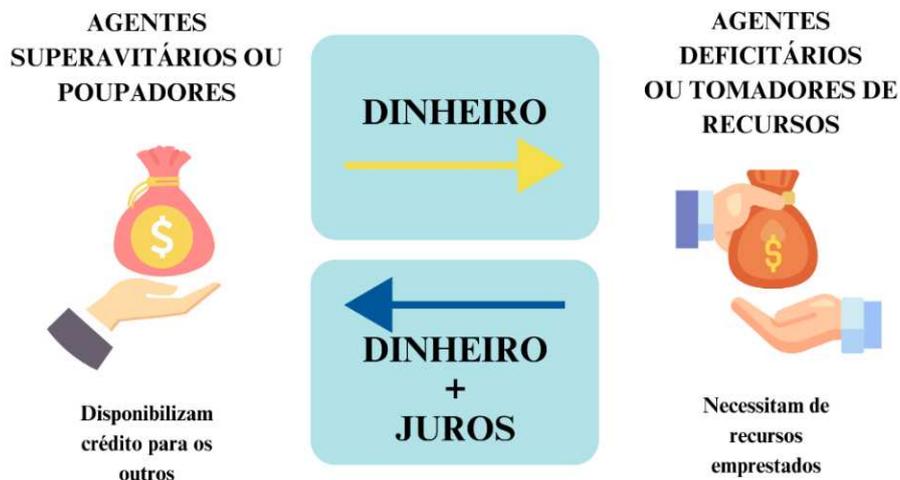
captar mais recursos para suas iniciativas voltadas para a sustentabilidade (com um crescimento expressivo no volume de emissões de títulos verdes a partir de 2014). Em 2021, a Europa foi a região mais ativa, com um total de emissões acumuladas atingindo 758 bilhões de dólares até o final do ano. Enquanto isso, a nível nacional, os Estados Unidos mantiveram a liderança, com os volumes aumentando 63% para 81,9 bilhões de dólares, em comparação com os 50,3 bilhões de dólares em 2020 (CBI, 2022).

Em 2022, o Brasil continuou a dominar as emissões de títulos verdes na América Latina e Caribe (ALC), com volume total de 15,2 bilhões de dólares, sendo o real brasileiro a moeda local com maior participação. O Brasil é, ainda, o único país da ALC a incluir todos os rótulos temáticos, que são o rótulo verde, social, sustentável, Sustainability-Linked Bonds (SLB) e transição (CBI, 2023). E se tratando de anos acometidos pela pandemia da Covid-19, é importante salientar o potencial de diversificação dos títulos verdes em uma carteira especialmente durante essa recente crise de saúde. Isso porque os títulos verdes estão intrinsecamente ligados aos mercados financeiros tradicionais, em que as motivações não financeiras dos investidores que adquirem títulos verdes podem variar de acordo com as condições de mercado e o horizonte de investimento (Jiang *et al.*, 2022).

Por serem ativos financeiros sustentáveis, os títulos verdes oferecem grandes oportunidades para investidores individuais e institucionais, especialmente para aqueles que priorizam considerações ambientais, resultando em uma diversificação atrativa de suas carteiras em relação aos ativos tradicionais. Estudos empíricos têm demonstrado que os títulos verdes podem ser uma opção eficaz para financiar despesas relacionadas às mudanças climáticas (Andersen; Bhattacharya; Liu, 2020; Leitão; Ferreira; Santibanez-Gonzalez, 2021; De Assis *et al.*, 2022), à medida que os governos em todo o mundo se esforçam para cumprir o Pacto Global das Nações Unidas firmado em 2019.

No mercado de capitais, a transferência de recursos dos agentes poupadores é feita para os agentes deficitários para financiamento de seus projetos. Dessa forma, os agentes superavitários (que disponibilizam crédito para os outros) maximizam seus ganhos ao aplicarem o excedente na compra de ativos financeiros, podendo ser de renda fixa ou renda variável. A renda fixa apresenta todos os parâmetros de gestão dos recursos, como o cálculo feito, as regras de remuneração e as condições de investimento no momento da aplicação. Cláusulas de recompra, os prazos, o modo de remuneração e os índices também são discriminados na ocasião da compra (Stumpf, 2022). Adquirir títulos de renda fixa consiste em comprar títulos de dívida emitidos pelo Governo ou por uma empresa para recebimento dos juros. Dessa forma, o investidor fornece um empréstimo ao emissor do papel com data-limite específica, que retorna com valores fixos a intervalos regulares, ou seja, com pagamento de juros, até a data de vencimento do papel quando, enfim, é realizado o resgate do título, ou seja, o pagamento final (Pinheiro, 2013), como mostra a Figura 2.

**Figura 2** – Relação entre investidor (agente superavitário) e emissor (agente deficitário)



Fonte: Stumpf (2022)

Sendo assim, os títulos verdes são títulos de renda fixa, ou seja, instrumentos de dívida emitidos por governos, empresas e entidades multilaterais, com o propósito de atrair capital para financiamento de projetos com impacto ambiental positivo. Entre os projetos financiados por títulos verdes, destacam-se os associados à eficiência energética, ao transporte limpo, à agricultura e à pecuária sustentável, que podem ser emitidos sob a forma de Certificado de Recebíveis Imobiliários (CRI), Certificado de Recebíveis do Agronegócio (CRA), Debêntures, entre outros (podendo ser prefixados ou pós-fixados). São poucos os aspectos que os distinguem dos títulos convencionais de renda fixa, como a destinação final do capital totalmente direcionada a projetos verdes. Por serem títulos de crédito privado, em sua maioria, aumentam o risco e, por consequência, trazem consigo também um potencial de retorno mais significativo quando comparados aos títulos convencionais (Adachi, 2021). A Figura 3 traz o comparativo entre os Títulos Verdes e os Títulos Convencionais.

**Figura 3** – Atributos dos Títulos Verdes e dos Títulos Convencionais

ATRIBUTOS	Títulos Verdes	Títulos Convencionais
Configuram-se como instrumento de dívida	✓	✓
Pagam cupons em intervalos de tempos regulares ou na data de vencimento	✓	✓
Podem receber <i>rating</i> de crédito	✓	✓
Tipologia em concordância com o título de dívida	✓	✓
Financiamento ou refinanciamento	✓	✓
O Emissor assume um nível de transparência e documentação relacionado ao uso dos recursos somente em Projetos Verdes	✓	
Rotulados e promovidos como verdes junto aos investidores	✓	
As credenciais verdes dos projetos passam por uma avaliação externa	✓	
Recursos aplicados em Projetos Verdes	✓	Possivelmente

Fonte: Febraban e CEBDS

As Diretrizes Voluntárias para Emissão de Títulos Verdes do ICMA relacionam os Green Bonds Principles (GBP), com o objetivo de cooperarem para o avanço da sustentabilidade ambiental e social, por meio da compilação de marcos voluntários com missão e visão declarados. Pelas orientações e pelos conselhos universais, que visam a promover a transparência e a disseminação das informações, eles reforçam a plenitude do mercado por meio da apresentação das melhores práticas para a emissão de títulos de dívida, atendendo a objetivos sociais e/ou ambientais (ICMA, 2021).

Falando de forma específica, os GBPs fornecem aos emissores orientações do que precisa ser considerado fundamentalmente durante o processo de emissão de um Título Verde confiável. Seus componentes principais englobam: i) o uso dos recursos, de forma a garantir que a aplicação do capital de fato irá para projetos verdes elegíveis; ii) o processo de avaliação e de seleção de projetos, no qual o emissor deve informar aos investidores, entre outros dados importantes, como são identificados e gerenciados os riscos socioambientais percebidos relativos aos projetos; iii) a gestão dos recursos, cujo saldo deve ser verificado durante toda a vida útil do título verde de forma periódica; e iv) o relato, em que os emissores mantêm atualizadas todas as informações relativas ao uso dos recursos. Os GBPs destacam como a transparência, a precisão e a integridade são essenciais para que os dados que serão expostos pelos emissores considerem os componentes principais e as recomendações adicionais para as partes interessadas (ICMA, 2021).

Sobre o uso dos recursos, é importante ponderar que existem as categorias elegíveis de Projetos Verdes, mas outras categorias, que não estejam incluídas, podem ser consideradas a partir de análises para enquadramento, conforme apresentado no Quadro 1.

**Quadro 1** – Categorias elegíveis de Projetos Verdes em consonância com os GBPs

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Energia Renovável	Consideradas limpas e inesgotáveis, essa categoria inclui a produção, a transmissão, os equipamentos e os produtos relacionados à energia renovável.
Eficiência energética	Geração e aproveitamento de energia por meio de fontes renováveis, visando à diminuição da utilização de energia proveniente de fontes não renováveis e emissoras de GEE. Como exemplo, é possível citar empreendimentos resilientes com sistemas de armazenamento de energia e redes inteligentes.
Prevenção e controle da poluição	Além da redução de emissões, bons exemplos de controle da poluição são as práticas apropriadas para destinação dos resíduos sólidos (prevenindo a criação dos depósitos de lixo a céu aberto), bem como a diminuição na produção de resíduos e a reciclagem dos mesmos e a remediação do solo, entre outros.
Conservação da biodiversidade terrestre e aquática	A proteção de ambientes costeiros, ambientes marinhos e que contemplem bacias hidrográficas.
Transporte limpo	Redução das emissões de GEE por meio da utilização de meios de transporte elétricos, híbridos, não motorizados, entre outros, bem como a utilização de meios de transporte públicos.
Gestão sustentável de água e esgoto	Considera a proteção dos recursos hídricos, incluindo a sustentabilidade na infraestrutura de água limpa e/ou potável, o tratamento de efluentes domésticos e industriais, sistemas de drenagem urbana funcionais e sustentáveis visando a mitigação de inundações, entre outros.

CATEGORIA	DESCRIÇÃO
Adaptação às mudanças climáticas	Como a mudança climática é de alcance global e atribuída direta ou indiretamente à atividade humana, esse tópico inclui esforços para tornar as infraestruturas mais resilientes a esses impactos, bem como a criação, o fortalecimento e disseminação de sistemas de apoio à informação que incluam a observação climática e sistemas de alerta.
Edifícios verdes	Para a preservação ambiental e a utilização de recursos naturais renováveis, eles são validados por atendimento a padrões ou certificações regionais, sejam eles nacionais ou internacionalmente reconhecidos, de desempenho ambiental.
Gestão sustentável dos recursos naturais e uso da terra	Por meio de i) uma agricultura sustentável com utilização de insumos agrícolas que não gerem impacto negativo no meio ambiente, como a proteção biológica ou a irrigação por gotejamento; ii) criação de animais sustentável do ponto de vista ecológico; iii) uma silvicultura que considere pauta essencial o florestamento ou reflorestamento, bem como a preservação e restauração de florestas, entre outros.
Produtos, tecnologias e processos de produção adaptados à economia circular	Com o conceito estratégico pautado na redução da utilização de matérias-primas novas, priorizando insumos duráveis, recicláveis e renováveis, esse tópico considera não apenas produtos, mas também serviços circulares e/ou produtos ecoeficientes certificados.

Fonte: ICMA (2021)

Como o GBP insiste veementemente na transparência durante todo o processo, ainda há duas recomendações adicionais que são: i) os Marcos (*frameworks*) de Títulos Verdes, em que os emissores devem detalhar em um marco propriamente dito ou na própria documentação legal como seu Título Verde ou o programa de Títulos Verdes foi alinhado com os quatro componentes principais do GBP (disponibilizando-o em formato de fácil acesso para os investidores; e ii) as Revisões externas, em que os emissores devem indicar provedores de revisão externa com o objetivo de fazerem uma revisão pré-emissão atestando a conformidade de seu programa e/ou *Framework* de Títulos Verdes com os componentes principais dos GBP (ICMA, 2021).

Do ponto de vista dos emissores, existem maneiras distintas para se obter informações externas relacionadas ao processo de títulos verdes, com vários níveis e tipos de análises disponíveis no mercado, por meio de revisões externas independentes. São amplamente classificados em quatro tipos, com alguns provedores oferecendo mais de um tipo de serviço, separadamente ou combinados, como mostra o Quadro 2.

#### Quadro 2 – Tipos de revisões externas

REVISÃO	DESCRIÇÃO
<i>Second Party Opinion</i>	Pode ser fornecida por uma instituição especializada em questões ambientais, totalmente independente do emissor. Essa opinião pode ser exigida ou recomendada antes da emissão de títulos verdes, conforme descrito nos Princípios correspondentes e é imprescindível que a instituição seja independente do consultor do emissor. Caso contrário, devem ser implementados procedimentos apropriados, como barreiras de informação, para garantir a independência da <i>Second Party Opinion</i> . Todas as apreensões relacionadas à independência da instituição devem ser divulgadas aos investidores.
Verificação	É comum que um emissor obtenha uma verificação independente em relação a um conjunto específico de critérios, geralmente relacionados ao desempenho ambiental, social e de sustentabilidade, ou a indicadores-chave de desempenho (KPIs) e metas de sustentabilidade.

REVISÃO	DESCRIÇÃO
Certificação	O emissor dos títulos pode optar por certificar sua estrutura de títulos em relação a um padrão ou rótulo externo reconhecido como verde. Esse padrão ou rótulo estabelece critérios específicos que são verificados por terceiros qualificados e credenciados para garantir a conformidade com os critérios de certificação
Pontuação/Classificação de Títulos Verdes	Um emissor pode ter a avaliação ou o cálculo de seu título verde realizado por terceiros, como especialistas provedores de pesquisa ou agências de classificação, seguindo uma metodologia de pontuação ou rating estabelecida.

Fonte: ICMA (2022)

Os últimos 10 anos testemunharam a crescente popularidade desses títulos, resultante da busca pela adaptação da economia a um cenário com redução das emissões de GEE e resistente à mudança climática (Zhang *et al.*, 2019). Caracterizados como instrumentos financeiros sustentáveis de renda fixa, os títulos verdes financiam projetos que beneficiem o meio ambiente, como iniciativas voltadas para eficiência energética, combate à poluição e outras ações de conservação. Porém, o desempenho financeiro dos títulos verdes ainda suscita debates, atrelado à pungente necessidade de diversificação e de minimização dos riscos em meio às flutuações dos mercados financeiros. Intensificado após a crise financeira global, sua volatilidade acentuada também progrediu devido à especulação excessiva em commodities (Cheng; Xiong, 2014; Naeem *et al.*, 2020).

É importante ainda ressaltar, no contexto do setor agropecuário brasileiro, que em 2021 as emissões atingiram 601 milhões de toneladas de CO<sup>2</sup> equivalente, sendo o maior aumento desde 2004. As emissões advêm da fermentação entérica (emissão de metano) e solos manejados, que compõem a maior parte das emissões diretas por meio do óxido nitroso (NO) (Observatório do Clima, 2023). Dessa forma, à medida que o mundo enfrenta desafios ambientais cada vez mais urgentes e inadiáveis, o papel do agronegócio na busca por soluções sustentáveis é inegável. Os títulos verdes representam uma abordagem inovadora e eficaz para financiamento e aceleração da transição do agronegócio em direção a um modelo mais responsável e ecologicamente correto.

## 4 Considerações Finais

Este estudo discorreu sobre os Títulos Verdes como ferramentas positivas com taxonomias bem definidas, destacando seu potencial na mitigação de passivos ambientais ao financiarem projetos relacionados à eficiência energética, à conservação da biodiversidade, à gestão sustentável de água e esgoto, entre outros. A análise demonstrou que a emissão de Títulos Verdes pode incentivar práticas mais sustentáveis e atrair investimentos focados em projetos ambientais, contribuindo significativamente para a redução dos passivos do agronegócio.

Ao financiar projetos e iniciativas ambientalmente responsáveis, os Títulos Verdes não apenas atendem à crescente demanda por investimentos sustentáveis, mas também desempenham um papel crucial na transformação do setor agroindustrial. Tais propostas de investimento responsável fornecem uma oportunidade única para atenuação dos passivos ambientais advindos do agronegócio por meio de vantagens econômicas e de reputação para empresas. Por consequência, essas propostas contribuem para metas globais relativas às medidas de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas e ao uso responsável dos recursos naturais, aliado à construção de um futuro mais verde e próspero.

Portanto, é crucial observar que a eficácia dos Títulos Verdes na promoção de práticas sustentáveis no agronegócio está intrinsecamente ligada à transparência, à prestação de contas e à integridade na execução dos projetos financiados. A supervisão rigorosa e a divulgação precisa do uso dos recursos provenientes dos Títulos Verdes são essenciais para manter a confiança dos investidores e do público em geral. Além disso, o comprometimento de todas as partes interessadas, incluindo governos, empresas e instituições financeiras, é necessário para garantir que os benefícios ambientais sejam alcançados de forma concreta.

A análise da literatura revelou que os Títulos Verdes têm sido cada vez mais utilizados como fonte de financiamento para projetos ambientalmente responsáveis, não apenas no Brasil, mas em todo o mundo. Eles oferecem oportunidades tanto para os emissores, que podem acessar capital para investir em iniciativas sustentáveis, quanto para os investidores, que buscam diversificar suas carteiras e alinhar seus investimentos com considerações ambientais e sociais. No contexto específico do agronegócio brasileiro, identificou-se a necessidade premente de esverdear as práticas agrícolas, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, promovendo a eficiência no uso de recursos naturais e conservando a biodiversidade. Os Títulos Verdes podem desempenhar um papel crucial nesse processo, fornecendo recursos para a implementação de tecnologias e de práticas sustentáveis em toda a cadeia produtiva.

Embora este estudo tenha proporcionado uma visão abrangente sobre os títulos verdes e sua aplicação no setor do agronegócio brasileiro, é importante reconhecer certas limitações. Uma das principais restrições encontradas foi a escassez de literatura específica sobre o tema no contexto brasileiro. Essa lacuna na pesquisa torna desafiador comparar de maneira mais detalhada e precisa a eficácia e o impacto dos títulos verdes no Brasil em relação a outras regiões. Portanto, futuros estudos devem se concentrar em preencher essa lacuna de conhecimento, investigando mais a fundo os aspectos locais e regionais para fornecer uma base mais robusta para o desenvolvimento de políticas e de práticas sustentáveis no agronegócio brasileiro.

## 5 Perspectivas Futuras

As perspectivas futuras deste estudo apontam para a ampliação do mercado de títulos verdes no Brasil voltados especificamente para o setor agropecuário. A promoção de tecnologias agrícolas sustentáveis, como a agricultura de precisão e práticas regenerativas, tende a ser impulsionada por meio desses títulos. No entanto, é fundamental a implementação de políticas públicas e regulamentações mais rigorosas, bem como a melhoria contínua dos critérios de emissão, para garantir a eficácia desses títulos verdes. A transparência aumentada, auditorias independentes e a participação ativa dos *stakeholders* são vitais para fomentar a sustentabilidade no setor. Para os tomadores de decisão no setor agrícola e financeiro, este estudo ressalta a importância de considerar os aspectos ambientais, sociais e de governança (ESG) ao avaliar oportunidades de investimento. Além disso, destaca-se a necessidade de transparência e de prestação de contas na emissão e na utilização de Títulos Verdes, garantindo que os recursos sejam direcionados para projetos que realmente contribuam para a sustentabilidade. Propostas para trabalhos futuros incluem uma análise mais aprofundada dos impactos dos Títulos Verdes no desempenho financeiro das empresas agrícolas, a avaliação do papel dos incentivos fiscais e regulatórios na promoção desses instrumentos financeiros e a investigação sobre como envolver pequenos produtores e agricultores familiares nesse processo de transição para um agronegócio mais sustentável.

## Referências

- ADACHI, V. O que são os green bonds? O ABC da dívida ESG. **Capital Reset**. 2021. Disponível em: <https://www.capitalreset.com/o-que-sao-os-green-bonds-o-abc-da-divida-esg/>. Acesso em: 6 dez. 2023.
- ANDERSEN, T. M.; BHATTACHARYA, J.; LIU, P. Resolving intergenerational conflict over the environment under the Pareto criterion. **Journal of Environmental Economics and Management**, [s.l.], v. 100, p. 102290. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.102290>.
- BAMBER, J. L. *et al.* Ice sheet contributions to future sea-level rise from structured expert judgment. **Proc. Natl. Acad. Sci.**, USA, v. 116, n. 23, p. 11195e11200, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1817205116>.
- BATRANCEA, I. *et al.* Greening the financial system in USA, Canada and Brazil: A panel data analysis. **Mathematics**, [s.l.], v. 8, n. 12, p. 2.217, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/math8122217>.
- BOUTRAA, T. Improvement of water use efficiency in irrigated agriculture: a review. **Journal of Agronomy**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1-8, 2010.
- CARVALHO, Luiz C. C. **Estratégias de baixo carbono para a agropecuária**. [S.l.]: Associação Brasileira do Agronegócio, 2022. Disponível em: <https://abag.com.br/estrategias-de-baixo-carbono-para-a-agropecuaria/>. Acesso em: 2 fev. 2024.
- CAREGNATO, S. E. Google Acadêmico como ferramenta para os estudos de citações: avaliação da precisão das buscas por autor. **Pontodeacesso**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 72-86, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/revistaici/article/view/5682>. Acesso em: 24 jul. 2023.
- CHENG, I. H.; XIONG, W. Financialization of commodity markets. **Annu. Rev. Financ. Econ.**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 419-441, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-financial-110613-034432>.
- CBI – CLIMATE BONDS INITIATIVE. **Análise do mercado de dívida sustentável na América Latina e Caribe**. 2023. Disponível em: [https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi\\_lac\\_sotm\\_2022\\_pt.pdf](https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_lac_sotm_2022_pt.pdf). Acesso em: 2 fev. 2024.
- CBI – CLIMATE BONDS INITIATIVE . **Sustainable Debt Tops \$1 Trillion in Record Breaking 2021, with Green Growth at 75%**: New Report. 2022. Disponível em: <https://www.climatebonds.net/2022/04/sustainable-debt-tops-1-trillion-record-breaking-2021-green-growth-75-new-report>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- DE ASSIS, T. F. *et al.* Sustainable Transport Indicators and Mitigation Actions Applied to the Green Bond Principles. In: DE ASSIS, T. F. *et al.* **Carbon Footprints of Manufacturing and Transportation Industries**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 139-169.
- DMI – DANISH METEOROLOGICAL INSTITUTE. **Polar Portal**: Monitoring Ice and Climate in the Arctic. 2019. Disponível em: <http://polarportal.dk/en/greenland/surface-conditions/#c8397>. Acesso em: 14 ago. 2023.
- ELBANNAN, M. A.; LÖFFLER, G. How effectively do green bonds help the environment? **Journal of Banking & Finance**, [s.l.], v. 158, p. 107051, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2023.107051>.

FEBRABAN – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS; CEBDS – CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Guia para Emissão de Títulos Verdes no Brasil:** Federação Brasileira de Bancos e Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. 2016. Disponível em: [https://cmsarquivos.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Guia\\_emissão\\_títulos\\_verdes\\_PORT.pdf](https://cmsarquivos.febraban.org.br/Arquivos/documentos/PDF/Guia_emissão_títulos_verdes_PORT.pdf). Acesso em: 14 ago. 2023.

HADAS, A. *et al.* Agricultural practices, soil fertility management modes and resultant nitrogen leaching rates under semi-arid conditions. **Agricultural Water Management**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 81-95, 1999.

ICMA – INTERNATIONAL CAPITAL MARKET ASSOCIATION. **Princípios para Títulos Verdes:** Diretrizes Voluntárias para Emissão de Títulos Verdes. 2021. Disponível em: [https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/Translations/Portuguese-GBP-2021\\_06.pdf](https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/Translations/Portuguese-GBP-2021_06.pdf). Acesso em: 20 set. 2023.

ICMA – INTERNATIONAL CAPITAL MARKET ASSOCIATION. **Guidelines for Green, Social, Sustainability and Sustainability-Linked Bonds External Reviews.** 2022. Disponível em: [https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2022-updates/External-Review-Guidelines\\_June-2022-280622.pdf](https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2022-updates/External-Review-Guidelines_June-2022-280622.pdf). Acesso em: 15 maio 2023.

IRENA, F. **World energy transitions outlook: 1.5° C pathway.** International Renewable Energy Agency. 2021. Disponível em: <https://irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>. Acesso em: 15 maio 2023.

JIANG, Y. *et al.* The relationship between green bonds and conventional financial markets: Evidence from quantile-on-quantile and quantile coherence approaches. **Economic Modelling**, [s.l.], v. 116, p. 106038, 2022.

LEITÃO, J.; FERREIRA, J.; SANTIBANEZ-GONZALEZ, E. Green bonds, sustainable development and environmental policy in the European Union carbon market. **Bus. Strat. Environ.**, [s.l.], v. 30, n. 4, p. 2.077-2.090, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.2733>.

MONTEIRO, T. G. M.; DE ABREU, V. H. S.; SANTOS, A. S. Uma Visão Geral sobre os Green Bonds no Cenário Pandêmico de 2020: an Overview of Green Bonds in the 2020 Pandemic Scenario. **MIX Sustentável**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 171-180, 2023.

MORISON, J. I. L. *et al.* Improving water use in crop production. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s.l.], v. 363, n. 1.491, p. 639-658, 2008.

NAEEM, M. A. *et al.* Hedging the downside risk of commodities through cryptocurrencies. **Appl. Econ. Lett.**, [s.l.], p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1739609>.

NG, A.W. From sustainability accounting to a green financing system: institutional legitimacy and market heterogeneity in a global financial centre. **J. Clean. Prod.**, [s.l.], v. 195, p. 585e592, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.250>.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise das emissões de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil – 1970-2021.** 2023. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2023.

PEARSON, C. S. **Economics and the challenge of global warming.** Cambridge: Cambridge University Press, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/19390459.2014.929245>.

PINHEIRO, J. L. **Mercado de capitais: fundamentos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2013. ISBN: 978-85-2248454-6. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/331317803\\_Mercado\\_de\\_Capitais\\_Fundamentos\\_e\\_Tecnicas](https://www.researchgate.net/publication/331317803_Mercado_de_Capitais_Fundamentos_e_Tecnicas). Acesso em: 15 maio 2023.

POMBO-ROMERO, J.; RÚAS-BARROSA, O. A blockchain-based financial instrument for the decarbonization of irrigated agriculture. **Sustainability**, [s.l.], v. 14, n. 14, p. 8.848, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14148848>.

RIPPLE, W. J. *et al.* 15,364 scientist signatories from 184 countries, 2017. World scientists' warning to humanity: a second notice. **Bioscience**, [s.l.], v. 67, n. 12, p. 1026e1028, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/biosci/bix125>.

SANTOS, M. A.; VIEIRA FILHO, J. E. R. V. O agronegócio brasileiro e o desenvolvimento sustentável. **Desafios do Desenvolvimento – IPEA**, [s.l.], ano 13, 2016. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3268&catid=29&Itemid=34](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=3268&catid=29&Itemid=34). Acesso em: 15 maio 2023.

SILLMANN, J.; ROECKNER, E. Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. **Climatic Change**, [s.l.], v. 86, p. 83-104, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9308-6>.

SINGH, A. Decision support for on-farm water management and long-term agricultural sustainability in a semi-arid region of India. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 391, n. 1-2, p. 63-76, 2010.

STERN, N. H. **What is the Economics of Climate Change? The economics of climate change: the Stern review**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: [https://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2016/04/stern\\_summary\\_\\_\\_what\\_is\\_the\\_economics\\_of\\_climate\\_change.pdf](https://www.adaptacesidel.cz/data/upload/2016/04/stern_summary___what_is_the_economics_of_climate_change.pdf). Acesso em: 2 mar. 2023.

STUMPF, K. **Introdução ao Sistema financeiro**. 2022. Disponível em: <https://www.topinvest.com.br/introducao-ao-sistema-financeiro-nacional/>. Acesso em: 2 mar. 2023.

TORRENOVA, M. G. G. Sustainability. The End of Finance as It Was. **Studies of Applied Economics**, [s.l.], v. 39, n. 3, 2021. DOI: <https://doi.org/10.25115/eea.v39i3.5535>.

VEYS, A. **The sterling bond markets and low carbon or green bonds**. Reino Unido: E3G, 2010.

WMO – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **WMO climate statement: past 4 years warmest on record**. 2018. Disponível em: <https://wmo.int/news/media-centre/wmo-climate-statement-past-4-years-warmest-record>. Acesso em: 15 maio 2023.

ZHANG, Y. *et al.* Research development, current hotspots, and future directions of water research based on MODIS images: A critical review with a bibliometric analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 24, p. 15.226-15.239. 2017.

ZHANG, B. *et al.* Farmers' adoption of water-saving irrigation technology alleviates water scarcity in metropolis suburbs: A case study of Beijing, China. **Agricultural Water Management**, [s.l.], v. 212, p. 349-357, 2019.

ZHANG, D.; ZHANG, Z.; MANAGI, S. A bibliometric analysis on green finance: current status, development, and future directions. **Finan. Res. Lett.**, [s.l.], v. 29, p. 425-430, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.frl.2019.02.003>.

## Sobre os Autores

### **Thais Guedes Maximo Monteiro**

*E-mail:* thaisgmaximo@gmail.com

ORCID: [orcid.org/0000-0003-0983-440X](https://orcid.org/0000-0003-0983-440X)

Mestra em Ciência e Tecnologia Ambiental pela Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde da UERJ em 2024.

Endereço profissional: Av. Manoel Caldeira de Alvarenga, n. 1.203, Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 23070-200.

### **Victor Hugo Souza de Abreu**

*E-mail:* victor@pet.coppe.ufrj.br

ORCID: [orcid.org/0000-0002-2557-2721](https://orcid.org/0000-0002-2557-2721)

Doutor em Engenharia de Transportes pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduado em Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ) em 2023.

Endereço profissional: Av. Horácio Macedo, n. 2.030, sala 101, Cidade Universitária, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 21941-598.

### **Renata Angeli**

*E-mail:* renataangeli22@gmail.com

ORCID: [orcid.org/0000-0001-5217-8490](https://orcid.org/0000-0001-5217-8490)

Doutora em Química Biológica pelo Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ em 2010.

Endereço profissional: Av. Manoel Caldeira de Alvarenga, n. 1.203, Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ. CEP: 23070-200.

# Prospecção Tecnológica de Dispositivos no Reconhecimento dos Danos Mecânicos e por Agentes da Banana no Pós-Colheita

*Technological Prospection of Devices in the Recognition of Mechanical Damage and by Banana Agents in the Post-Harvest*

Catharinne Barreto do Carmo<sup>1</sup>

Gabriela Silva Cerqueira<sup>1</sup>

Ramon Adrian Salinas Franco<sup>1</sup>

Cristine Elizabeth Alvarenga Carneiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, BA, Brasil

## Resumo

O *status* de quarto maior produtor mundial de bananas oferta um leque de oportunidades para o Brasil produzir e explorar inovações na área. Dessa forma, uma prospecção tecnológica foi realizada para identificar inovações em dispositivos que detectassem danos mecânicos e por agentes na fruta na etapa de pós-colheita. Os resultados após a obtenção dos dados por combinação de palavras-chave e códigos apontaram a China como país que mais produziu tecnologias relacionadas ao reconhecimento de imagem para o setor do agronegócio. Assim, foi identificada considerável participação das universidades no quantitativo de publicações de patentes. Algumas patentes identificadas apresentaram desenvolvimento tecnológico passível de ser usado na criação de um dispositivo com características inovadoras necessárias para a demanda da produção da fruta no Brasil. Portanto, é eminente a oportunidade do desenvolvimento de um dispositivo que realize a tarefa de identificar danos nos frutos das bananas para que seja utilizado pelos produtores do Brasil.

Palavras-chave: Pós-colheita; Banana; Danos.

## Abstract

The status of fourth largest banana producer in the world offers a range of opportunities for Brazil to produce and explore innovations in area. In this way, a technological prospection was carried out to identify innovations in devices that detect mechanical damage and caused by agents in the fruit, in the postharvest. The results by combining keywords and codes pointed to China as the country that produced the most technologies related to image recognition for the agribusiness sector, and a considerable participation of universities in the number of patent publications was identified. Some identified patents presented technological development that could be used to create a device with innovative characteristics necessary for the demand for fruit production in Brazil. Therefore, the opportunity to develop a device that performs the task of identifying damage to banana fruits to be used by producers in Brazil is imminent.

Keywords: Postharvest; Banana; Damage.

Áreas Tecnológicas: Agronegócio. Reconhecimento de imagem. Pesquisa e Desenvolvimento e Inovação.



# 1 Introdução

O avanço contínuo na produção de tecnologias inovadoras tem transformado e destacado o setor econômico do agronegócio, que dedica, todos os dias, esforços nos campos de produção em busca de cumprir as exigências da crescente demanda por alimentos. As inovações no mundo agrícola têm buscado atender aos objetivos desafiadores para garantir as elevadas produções e, principalmente, a segurança alimentar para a população, com a oferta de produtos saudáveis e de qualidade, sem provocar agressões ao meio ambiente, fortalecendo uma produção sustentável. O MCTI (2016) apontou que era um desafio posicionar o Brasil como uma das grandes potências mundiais da Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), e que as soluções de problemas em escala nacional também poderão servir para soluções de nível mundial, dessa forma, elevando sua capacidade inovadora e tecnológica.

Em 2023, o monitor de Produto Interno Bruto (PIB) da Fundação Getúlio Vargas (FGV) divulgou que o setor agropecuário obteve um ótimo desempenho e mostrou um crescimento de 30% (FGV, 2024). No entanto, mesmo sendo explícita a importância do agronegócio para a economia brasileira, o setor ainda enfrenta desafios. Inovar no universo agro é uma ação de investigação constante por soluções tecnológicas (Lundvall, 2007), podendo ser para um produto, um processo ou um modelo de negócio, ou ainda uma nova combinação de algo que é levado ao mercado por meio de novos empreendimentos, colocando em evidência a importância da inovação em um setor de grandes contribuições para a economia brasileira.

A relevância da inovação no setor é compreendida nas tecnologias já existentes na agricultura de precisão e digital, na biotecnologia, na irrigação automatizada e nos drones. O modelo atual de agricultura, a chamada agricultura 5.0, segundo Furtado *et al.* (2023), traz melhor eficiência e mais produtividade aliada à sustentabilidade e maior integração com outras áreas aliadas à agricultura, buscando estar mais conectada, inteligente e humanizada. A agricultura atual mostra principalmente foco no uso da Inteligência Artificial (IA) por meio da “*machine learning*”, máquinas que aprendem, o que permite melhorar o desempenho do equipamento automatizado.

Ao estudar a importância da inovação integralizada ao agronegócio, percebeu-se um nicho inexplorado e de grande valor para o Brasil, tanto em atendimento ao mercado interno como ao mercado externo. A Banicultura vem se destacando, e o Brasil é considerado o quarto maior produtor de banana do mundo, ficando atrás apenas da Índia, da China e da Indonésia (Embrapa, 2022). Segundo dados do IBGE (2023), em 2022, o país produziu 6.854.222 toneladas do fruto, destacando que os três maiores estados brasileiros produtores são: São Paulo, Minas Gerais e Bahia. Na Bahia, a produção vem ganhando espaço principalmente no oeste baiano, que representou área plantada equivalente a 12.628 hectares e com produção de 312 milhões de toneladas no semestre de setembro de 2023 a março de 2024, tendo como principais cidades produtoras da fruta: Barreiras, Bom Jesus da Lapa e Riachão das Neves (AIBA, 2024).

A bananeira é uma planta tipicamente tropical, cultivada em todos os estados brasileiros, desde a faixa litorânea até os planaltos do interior. Praticamente toda a produção de banana é consumida *in natura* e constitui elementos importantes na alimentação de populações de menor renda, não só pelo alto valor nutritivo, mas também pelo baixo custo (Embrapa, 2006). Apesar da importância, essa planta registra elevada porcentagem de perda entre as frutas comercializadas no Brasil, cerca de 40% é perdido durante o processo de colheita até a chegada ao consumidor

final, e grande parte dessa perda se deve à forma inadequada de transporte (Embrapa, 2006) e ao processo pós-colheita da fruta.

A pós-colheita é uma etapa no processo de produção da banana de suma importância, já que os problemas relacionados à qualidade da fruta têm início com a falta de manejo adequado iniciado na colheita, o que ocasiona a desvalorização e a perda, como destacado por Lichtemberg e Lichtemberg (2011). Segundo Dias *et al.* (2021), o fruto exige maior cuidado por ser frágil e por ser colhido ainda verde, por causa da sua característica climática, as bananas completam o seu período de maturação até chegarem ao consumidor.

Além das características organolépticas desejáveis para o fruto, o que também determina a qualidade é a ausência de defeitos na casca, que podem ser classificados como danos mecânicos ou por agentes. Os danos mecânicos, que são originados durante o beneficiamento do fruto, também poderão ocorrer em qualquer etapa da produção (Maia *et al.*, 2008), e os danos por agentes são causados por pragas e fungos que adoecem a planta e o fruto. Uma pesquisa conduzida por Brito (2013) mostrou a possibilidade de que os danos por agentes também podem ser consequência do manejo inadequado durante a colheita, transporte e descacho da banana, dando espaço para o fungo oportunista penetrar nos danos mecânicos causados nesses processos.

Atualmente, o reconhecimento desses defeitos é realizado de maneira tradicional nas regiões produtoras do Brasil. Em um galpão, os cachos são cortados e a fruta recebe um banho para a sanitização, seguindo em uma esteira na qual colaboradores fazem a seleção visual e manual dos frutos. Portanto, pensando no fortalecimento da cadeia produtiva da banana e nos desafios da inovação no país para produzir tecnologia própria, foi realizada uma prospecção tecnológica com o objetivo de identificar um dispositivo que faça a análise e reconheça os danos mecânicos e por agentes presentes na casca da banana na etapa da pós-colheita, garantindo, assim, a valorização da fruta e o seu posicionamento no mercado. A prospecção priorizou identificar um dispositivo para o reconhecimento dos danos e dos defeitos no momento da pós-colheita que faça uso da *machine learning* em sua estruturação de reconhecimento.

## 2 Metodologia

A base de dados Espacenet foi utilizada para a busca prospectiva, trata-se de uma plataforma *on-line* mantida pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO) que oferece acesso e informações gratuitas para pesquisa de patentes e conta com mais de 140 milhões de documentos relacionados em todo o mundo, tendo seus dados atualizados diariamente.

A prospecção foi realizada no período de dezembro de 2022 a julho de 2023, a seleção foi atemporal com o intuito identificar todas as patentes que tivessem relação com dispositivos que reconhecessem danos mecânicos e por agentes em bananas no momento de pós-colheita e similares, utilizando fundamentos da *machine learning*.

A adição de palavras-chave em inglês constituiu a base de pesquisa nos campos denominados título e resumo. O objetivo era identificar qualquer menção que pudesse conduzir às patentes desejadas. Também foram utilizados os códigos da Classificação Cooperativa de Patentes (CCP) e da Classificação Internacional de Patentes (CIP) que se alinhassem aos objetivos do trabalho, organizando-os no campo de símbolos de classificação. Esses códigos indicam as áreas

de conhecimento às quais as patentes pertencem. Além disso, foram empregadas estratégias combinadas com os operadores booleanos “AND” e “OR”, utilizando o caractere especial “\*”.

Com as palavras-chave e os códigos definidos e aplicados no campo correspondente da base de busca, foram obtidos os seguintes resultados: *(process\* or segment\* or filt\* or software or method\* or ident\* or comp\* or digital) and banana and image\**, que retornaram 36 depósitos; *(process\* or segment\* or filt\* or software or method\* or ident\* or comp\* or digital) and banana and figure\**, que retornaram 41 depósitos; Y02P60 and G06T, que retornaram 86 depósitos; Y02A40 and G06T, que retornaram 605 depósitos; Y02A40 and G06K, que retornaram 770 depósitos; e Y02P60 and G06K, que retornaram 119 depósitos.

Na organização dos dados obtidos por meio da busca, foi elaborada uma tabela de escopo no Excel, na qual todas as informações das patentes foram exportadas e organizadas. Então, iniciou-se o processo de triagem entre depósitos aptos e não aptos para a pesquisa com a leitura do título e, posteriormente, do resumo e do documento por inteiro.

Durante a seleção, as informações observadas nas patentes depositadas foram sobre: identificação de manchas, doenças, danos, reconhecimento, métodos usados por dispositivos, gerenciamento e área de aplicação, para auxiliar a identificação de dispositivos que pudessem atuar no campo de reconhecimento por *machine learning*.

Assim, a partir dos depósitos analisados e selecionados, foi possível extrair informações sobre o cenário atual do Brasil e do mundo quanto ao desenvolvimento tecnológico no setor de pós-colheita da banana e a verificação da existência de equipamentos já comercializados para finalidade.

### 3 Resultados e Discussão

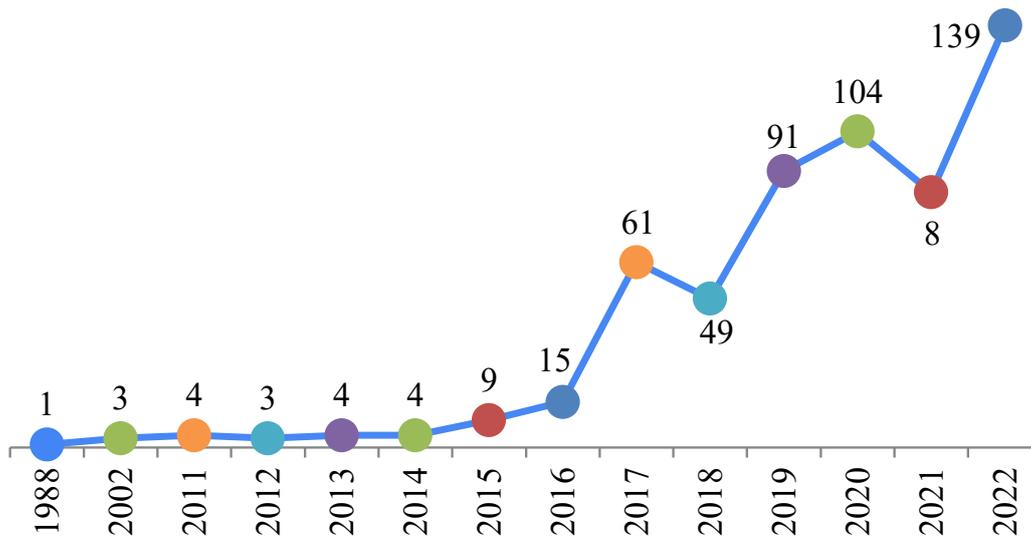
A busca resultou em um total de 1.651 depósitos, dos quais, após uma triagem minuciosa, restaram 591 documentos aptos para a coleta de dados sobre o desenvolvimento tecnológico no setor. Observou-se que o uso combinado de palavras-chave e de códigos não retornou documentos. Optou-se então por uma estratégia mais complexa, ligando várias palavras-chave e utilizando apenas códigos.

As combinações com códigos mostraram maior eficiência. Ao contrário de títulos e de resumos, os códigos são definidos após a análise documental pelos avaliadores dos órgãos de Propriedade Intelectual (PI), especificando à qual grupo de estudo e pesquisa o pedido pertence. Contudo, Leusin (2020) observa que a escolha entre palavras-chave e códigos pode ser subjetiva, dependendo da determinação da palavra-chave relevante e da decisão do especialista de PI sobre o conteúdo do pedido ao designar um código.

Os códigos selecionados para esta pesquisa foram Y02P60, Y02A40, G06T e G06K, que têm descrições relacionadas a tecnologias agrícolas, à adaptação na agricultura, ao processamento de dados de imagem e à leitura de dados gráficos. Essas categorias abrangem tecnologias na agricultura, na pecuária e nas indústrias agroalimentares, e o processamento de imagem e reconhecimento de vídeo.

A análise das patentes permitiu observar a evolução dos pedidos na área de reconhecimento de imagem ao longo dos anos, como mostrado no Gráfico 1, indicando um crescente interesse tecnológico.

**Gráfico 1** – Principais anos de depósitos na área de reconhecimento de imagens



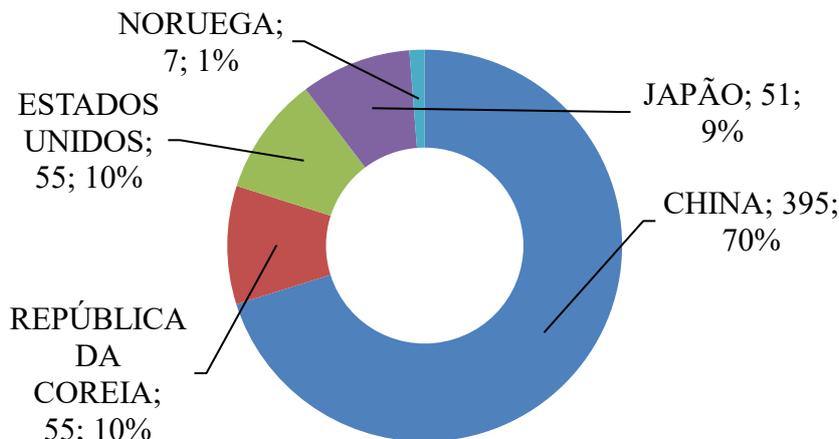
Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

O primeiro depósito no Espacenet registrado no ano de 1988 foi sobre um “Dispositivo de Detecção de Corpo Flutuante Subaquático”, e trata-se de uma invenção de conversão de uma imagem de um corpo flutuante por meio do sinal binário, detectando os contornos de acordo com a saída de codificação binária. A invenção faz um processo de tratamento de imagem para que seja possível realizar um tipo específico de reconhecimento (Ishimatsu *et al.*, 1990). Os titulares da patente são uma empresa privada e o governo local, ocorrendo a interação entre atores para a produção de PD&I com objetivo de inovar no mercado. Cabe ressaltar que, no Brasil, apesar de estímulos proporcionados pela reformulação da Lei de Inovação, Lei n. 10.973/2004, alterada pela Lei n. 13.243/2016, são incipientes as ações para inovação de natureza privada e governo em parceria.

A partir de 2015, as publicações no campo prospectado deram um salto de crescimento no número de depósitos. A adoção de novas diretrizes nas políticas, que envolve o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, com intuito de alavancar produções internas dos países, pode ter sido o ponto de partida que contribuiu com esse aumento. Segundo Ferreira e Ferreira (2013), é por meio da inovação que pode haver a busca da resolução de crises com o propósito de retomar o desenvolvimento.

O Gráfico 2 traz os cinco países que mais investem na produção e no aperfeiçoamento de tecnologias para dispositivos de reconhecimento por imagem, de acordo com essa pesquisa, e a China aparece como maior detentora de patentes depositadas. O país começou a implementação de políticas de inovação em 1978, porém foi em meados dos anos 2000 que foram efetivadas as políticas de desenvolvimento direcionadas para a construção de um país voltado para a inovação (Cassiolato, 2013). A motivação de produzir e entrar no mercado competitivo ajudou muitos países a alcançarem visibilidade e a se tornarem referência na produção de PD&I.

**Gráfico 2** – Quantidade e representação percentual dos países que mais depositaram na área de reconhecimento de imagens



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

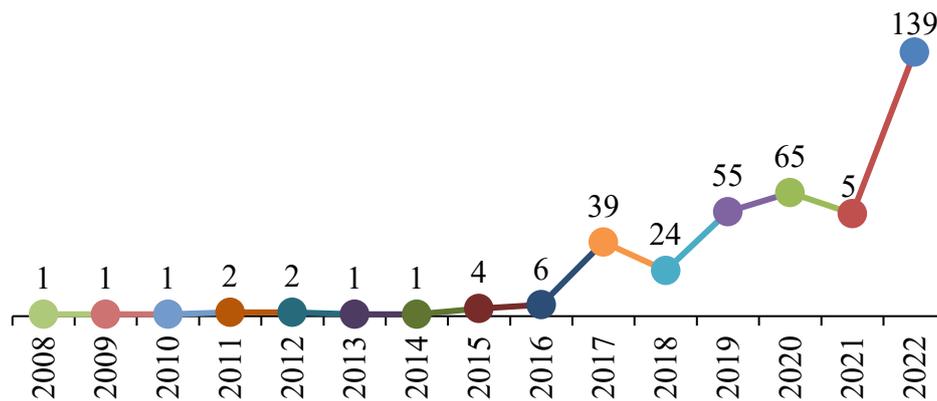
A China detém 70% dos depósitos publicados com um total de 395 documentos, seguida pelos Estados Unidos e pela República da Coreia do Sul, ambas com 10% no total de 55 publicações.

Silva e Alvarez (2010) afirmam que inovação em uma empresa representa gerar valor de mercado e que não é sinônimo de alta tecnologia, eles ainda ressaltam a importância no desempenho de empresas e de países diante da economia que se tornou complexa, mostrando que a expansão começou com o Estados Unidos, grande detentora de processos inovadores e pioneira do evento *Innovate America* em 2003, com o tema central Inovar ou Abdicar.

Os países desenvolvidos enxergaram na inovação uma ferramenta estratégica que os consolidariam diante da crescente e exigente economia mundial. Estados Unidos, Coreia do Sul, Japão e França traçaram planos na busca por resultados e ofertaram suporte para desenvolver tecnologias e apoio às Pequenas e Médias Empresas (PME), subsídios fiscais, criação de leis e ministério específico para promover CT&I, Incentivos na interação entre empresas privadas e universidades, facilidade no registro ou patenteamento da PI e cedendo direto à titularidade de patentes desenvolvidas financiadas pelo poder público, apoio às grandes empresas na produção de inovação do próprio país e prioridade a pesquisas básica e aplicadas em tecnologias da próxima geração, segundo Alerj (2009).

Dominante em número de publicações na área, a China vem mostrando seu potencial em PD&I, como dito por De Negri (2022), em 2009, foram 1,36 milhão de publicações de artigos científicos por pesquisadores chineses, chegando a 1,7 milhão em 2017, sendo que o número de patentes concedidas aumentou de 128 mil em 2009 para 420 mil em 2017. O Gráfico 3 mostra a evolução de depósitos de patentes da China.

**Gráfico 3** – Evolução anual dos 395 pedidos de depósitos da China



Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

A primeira divulgação de invenção do país foi em 2008, “Sistema automático de contagem de alevinos baseado em visão computacional”, e o princípio da patente é registrar imagens de alevinos, peixes em estágio inicial de vida, em tanque de água por meio da fotografia digital com objetivo de realizar a contagem executada por um programa de computador (Lu; Zhu, 2009). Fica evidente o interesse do país em desenvolver e em favorecer as inovações no campo de estudos para a criação de dispositivos que realize reconhecimentos por imagem, principalmente na área do agronegócio.

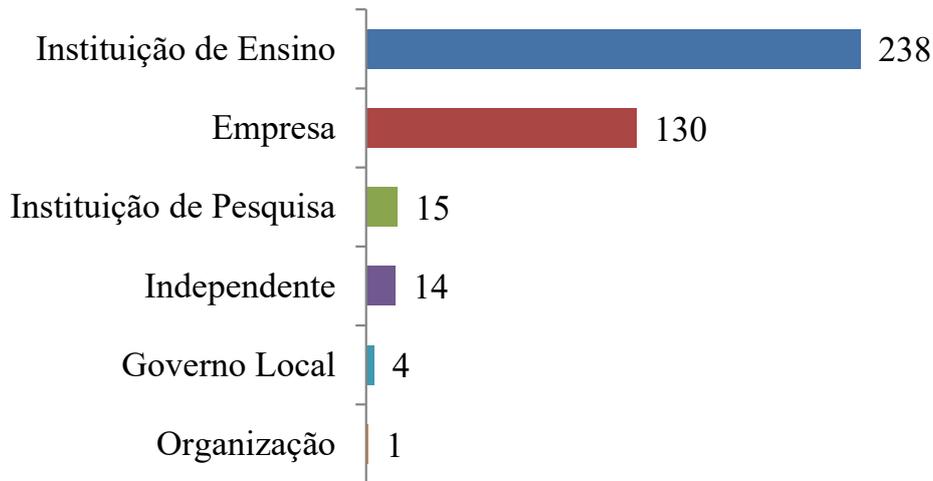
A China Institute for Science and Technology Policy (CISTP, 2018) mostrou que em 2017 o mercado da IA na China teve um aumento de 67% em relação ao ano anterior, e o segmento com maior representação foi a de visão computacional com reconhecimento de vídeo e imagem e biometria com 34,9% de investimentos direcionados.

No Gráfico 1, foi possível observar 139 pedidos de patentes depositados em 2022 no quadro geral, e todas eram chinesas. O desempenho das corporações chinesas em 2014 foi destaque com 199 negócios entre as 2.500 que mais investem em PD&I no mundo; em 2016, foram 327; e, em 2019, subiu para 507 (De Negri, 2022). As empresas chinesas mostram um ritmo muito acelerado de crescimento e de investimento em PD&I no país.

Lyrio (2010) diz que o fortalecimento da inovação tecnológica na China foi impulsionado a partir de uma estratégia agressiva, na qual houve a permissão para que empresas que produzissem tecnologias avançadas fossem isentas de impostos durante alguns anos. Foram oferecidos incentivos aos cientistas do setor governamental para que eles pudessem criar pequenas empresas privadas no ecossistema de inovação local, além de investimentos na capacitação de futuros pesquisadores e cientistas nas áreas de ciências e engenharias.

Os setores em que estão concentradas as produções de PD&I para dispositivos de reconhecimento por imagem são apresentados no Gráfico 4.

**Gráfico 4** – Setores detentores de depósitos na China na área de tecnologias de reconhecimento por imagem



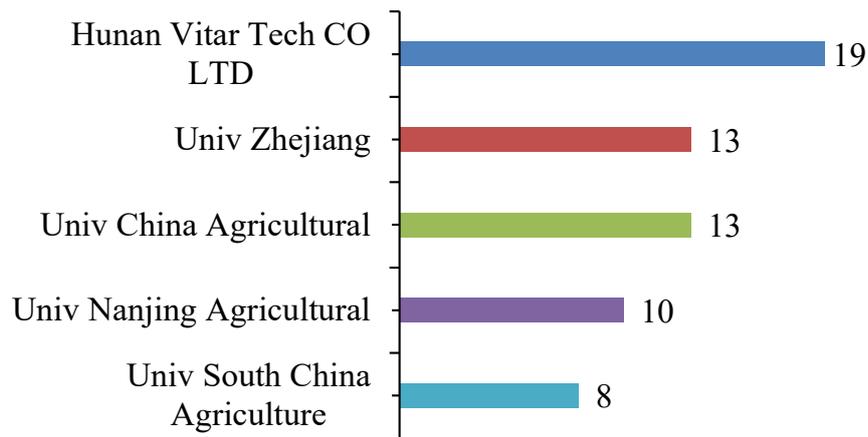
Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

É notória a superioridade na detenção de patentes por parte das instituições de ensino e empresas, com 238 e 130 depósitos, respectivamente, e, como a China detém a maioria dos depósitos na área prospectada, esse resultado mostra que os investimentos em PD&I nesses setores estão equitativamente equilibrados. De Negri (2022) afirma que a mudança no ambiente de inovação teve reflexo direto no aumento de empresas que investem em PD&I no país, e os dados de Ciência e Tecnologia (C&T) da China demonstram que os gastos do governo em PD&I cresceram 18,8% ao ano, em média, entre 2002 e 2012.

O país, desde 2003, recebe investimentos para empresas desenvolvedoras de IA, no entanto, em 2017, o investimento global representou US\$ 39,5 bilhões, isso mostra que a China recebeu US\$ 27,71 bilhões, representando 70% de investimento global (CISTP, 2018). Em 2017, os investimentos em PD&I da China vindos de fundos empresariais foi 76,5%, e os investimentos em fundos governamentais foram de 19,8% (De Negri, 2022).

Lei *et al.* (2012) destacam o papel crucial das empresas e das universidades no impulsionamento da inovação dentro de um ecossistema no qual as empresas, por sua vez, detêm liderança e informações valiosas sobre a indústria, enquanto as universidades oferecem estrutura física e conhecimento especializado. Essa união facilita a identificação das áreas que precisam da inovação e concentram investimentos em pesquisas desde que o seu desenvolvimento resulte em benefícios para o país como um todo.

No Gráfico 5, pode-se notar os maiores titulares de depósitos da China na área, apresentando apenas os que apontam um número de publicações maior ou igual a oito.

**Gráfico 5** – Maiores requerentes de pedidos de patentes na China

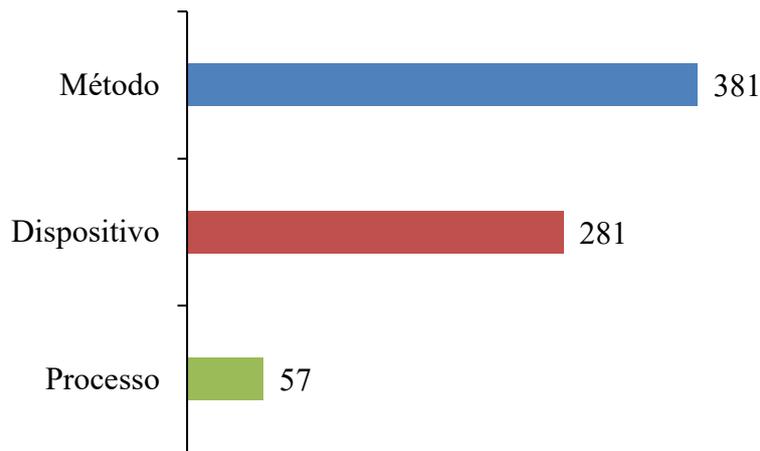
Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Com 19 publicações, há a Hunan Vitar Tech Co LDT., uma empresa da área de máquinas no campo agrícola. Todas as patentes são para a realização da identificação de imagem, a exemplo da patente “APP para cultivo doméstico de hortênsias, baseado em *big data* e reconhecimento de imagem”, a invenção mostra as condições da planta e acompanha o crescimento dela por meio dos dados obtidos das imagens, servindo para quem não conhece o tipo e o manejo e o cultivo (Shi, 2017).

Observa-se que as outras quatro maiores requerentes são instituições de ensino chinesa. Isso se deve ao programa Torch, lançado em 1988, no intuito de incentivar novas empresas de tecnologia dentro das universidades e de institutos de PD&I, tornando-as proprietárias e principais acionistas dessas novas pequenas empresas (Cassiolato, 2013). As universidades chinesas, na sua maioria, têm pequenas empresas de tecnologia incubada em seu ambiente, incentivando a promoção e o desenvolvimento científico na geração de tecnologias inovadoras. A interação entre universidades e empresas é vista como um fator impulsionador do crescimento econômico regional, em que ambas as partes podem se beneficiar mutuamente como enfatizado por Fagundes (2010).

A Universidade Zhejiang possui a patente “Método e sistema de monitoramento da mancha bacteriana das folhas do arroz no campo com base em dados de múltiplas fontes”, que detecta e monitora manchas em folhas de arroz, isso durante o desenvolvimento da cultura (Feng *et al.*, 2022). E a Universidade China Agrícola possui a patente “Método, sistema e equipamento de alimentação de peixes baseado em meio de processamento e armazenamento de imagens”, e seu propósito é rastrear o comportamento do peixe por meio do seu movimento e identificar seu estado de fome, dessa maneira, a alimentação é realizada de forma precisa de acordo com o dispositivo do sistema de processamento de imagens (An *et al.*, 2020). Ambas as instituições desenvolvem inovações na área agrícola com o sistema de análise de imagens, e cada uma possui 13 publicações que foram identificadas neste estudo.

No Gráfico 6, são mostradas as categorias das patentes encontradas durante a pesquisa prospectiva, delimitada a patente de um dispositivo, método ou processo.

**Gráfico 6** – Categorias mais patenteadas no quadro geral

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Algumas das patentes analisadas apresentaram uma ou duas categorias, ou seja, com enquadramento classificatório em método, dispositivo e processo, ou ser um método e dispositivo, ou um processo e dispositivo. Optou-se por uma análise e quantificação separada por categorias para ter uma observação mais precisa dos tipos de produções. Assim, método foi a categoria que apresentou maior número de documentos depositados, com 381, seguida por dispositivo, com 281, e processo, com 57.

Os métodos protegem a maneira específica de realizar uma atividade, sendo essa a categoria que descreve os passos para a captura das imagens que serão necessárias para o desenvolvimento da tecnologia. Processo é a sequência das etapas que devem ser seguidas na finalidade de realizar uma tarefa específica, por exemplo, descrita como obtenção das imagens, pré-tratamento, alimentação de *dataset* ou similar. Já dispositivo é o equipamento físico, que pode ser uma máquina, uma ferramenta, um utensílio ou qualquer outro objeto com utilidade prática e que seja novo ou inventivo.

O documento para pedido de uma patente é composto de: relatório descritivo, reivindicações, desenhos (se necessário) e resumo. O conjunto de reivindicações é de extrema importância, precisa ser descrito com atenção e cuidado para se ter a proteção completa da invenção ou inovação. Esse documento diz o que o titular deseja proteger ou não. Se por acaso o titular deixar alguma abertura em sua reivindicação ou infringir algum direito de patente, ele pode ser ultrapassado por algum concorrente, que fica monitorando suas publicações ou perde o direito de obter a concessão da patente por haver outro depósito que reivindicou anteriormente a mesma proteção (Paranhos; Ribeiro, 2018).

Alguns dispositivos que realizam o reconhecimento de danos foram encontrados e apresentam características similares ao objetivo do estudo prospectivo, porém não especificam de maneira concreta sua utilização para análise no empacotamento da banana. O depósito de patente “Método de julgamento nutricional da bananeira baseado em aprendizado de máquina” é uma invenção que descreve o método baseado no aprendizado de máquina para acompanhar o crescimento da bananeira e sua nutrição, mostrando a aquisição de imagem em seus vários estágios de desenvolvimento, e, como a bananeira uma planta com necessidades diversas em cada fase, o acompanhamento por imagem pode auxiliar na melhoria da produtividade por meio do acompanhamento na nutrição e nos diagnósticos (Qin *et al.*, 2021).

A patente chinesa “Método e dispositivo de detecção de maturidade de banana baseado em rede neural BP” é a invenção que mostra um método e um dispositivo que realiza a obtenção das imagens das bananas em grupos, com graus de maturidade diferentes em cada um, para realizar o treinamento da rede neural BP e, assim, conseguir detectar informações sobre o grau de maturidade das bananas (Zhao *et al.*, 2020).

A patente americana “Sistema Robótico de Colheita de Frutas” trata-se de um sistema robótico que inclui um subsistema com visão computacional para orientação, possui braços mecânicos para que o sistema identifique o fruto específico e realize a colheita cortando o galho, caule ou cacho. Esse subsistema é programado para extrair informações por meio da *machine learning*, sendo usado para o controle de qualidade (Duncan *et al.*, 2016).

Outra patente interessante foi o “Método de detecção da qualidade do kiwi baseado em aprendizagem profunda e tecnologia de imagem hiper espectral”, que é uma tecnologia para detectar a qualidade do fruto kiwi utilizando *deep learning* e imagem hiperespectral para analisar a qualidade dos frutos mantidos em ambientes de armazenagens com diferentes condições (Kang *et al.*, 2022).

Essa análise revelou que as tecnologias em desenvolvimento com a utilização da IA estão concentradas em diversas áreas do setor agrícola, porém, a maioria está voltada para o reconhecimento de doenças em plantas, frutas e animais por meio de imagem. Grande parte das publicações se encontra em estágio inicial de desenvolvimento e com maior titularidade entre empresas e universidades e não são comercializadas até o momento.

O Brasil não possui cultura na prática de proteção de patentes, sendo algo que está sendo disseminado recentemente com as mudanças nas legislações que envolvem a produção de ciência, tecnologia e inovação no país. Em um estudo conduzido por De Castro Ramos e Sartori (2023) identificou-se que a base de proteção de patentes do Brasil, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), em 2019, registrou 25.396 depósitos de pedidos de patentes, 1% equivalente do depósito mundial, sendo que 19.331 (76%) são de não residentes no país, enquanto apenas 5.465 (22%) são residentes.

O nível de investimentos em produção de ciência no Brasil ainda é baixo, desse modo, as empresas são fortes aliadas nessa caminhada, a exemplo de outros países que estabelecem essa conexão com a finalidade de fortalecer as produções de PD&I em seus territórios, gerando produtos, receitas e o fortalecimento do conhecimento científico.

Durante a realização deste estudo, observou-se que o Brasil está em desvantagem tecnológica quanto ao desenvolvimento de inovações que gerem patentes na área prospectada, e, apesar de estar entre os maiores produtores mundiais de banana, a invenção ou a inovação de tecnologias que auxiliem no processo de especificação da qualidade ainda são incipientes. Um fator contribuinte para esse avanço lento no desenvolvimento de PD&I pode ser o atraso no incentivo às parcerias estratégicas do ecossistema de inovação, que hoje é composto de Institutos de Ciência e Tecnologia (ICTs), agências de fomento e governo.

Foram encontrados três documentos: o primeiro é um método de computador para determinar o impacto de herbicidas em plantas cultivada; o segundo trata-se de um controlador de campo com sensor para acompanhar o crescimento das culturas; e o terceiro é um método para gerenciamento seletivo de culturas em tempo real. No entanto, apesar de todos serem baseados em sistemas de reconhecimento por imagem, nenhum deles faz referência à fruta da

bananeira (Aranzazu *et al.*, 2019; Nadia; Todd; William, 2016; Itzhak; Moshe, 2020). Embora as PIs estejam protegidas no Brasil, as empresas depositantes são essencialmente estrangeiras, Alemanha, Estados Unidos e Israel, o que novamente evidencia a ausência de inovações na área que estejam caracterizadas como brasileiras.

Nenhum equipamento comercializado para analisar os danos e os defeitos em bananas no momento de pós-colheita foi encontrado no país. Como se trata de uma fruta delicada, os equipamentos existentes no beneficiamento de outras frutas não são adequados ao objetivo principal deste estudo. O foco foi entender como está a produção de inovações tecnológicas dentro do país pelo fato de este ser um dos maiores produtores da fruta. O propósito deste estudo foi realizar essa análise no setor de empacotamento e buscar meios para automatizar essa prática que ainda é fortemente realizada de maneira manual e visual.

## 4 Considerações Finais

Ao analisar o quadro mundial de depósitos de patentes para tecnologias relacionadas ao reconhecimento de imagens, ficou evidente a escassez de inovações no setor produtivo de pós-colheita da banana, principalmente no momento de empacotamento. Algumas patentes identificadas apresentaram desenvolvimento tecnológico passível de ser utilizado para desenvolver uma inovação capaz de suprir essa necessidade de identificação dos danos e dos defeitos da fruta, especificamente no setor produtivo brasileiro.

Entre as patentes que poderiam servir de base informativa para a criação de um novo dispositivo, a China se destacou como maior referência em desenvolvimento de tecnologias de reconhecimento por *machine learning*, sendo o único país com depósitos no campo mapeado no ano de 2022.

Identificou-se que os setores universitários e empresariais são os que detêm mais depósitos, logo, maior interesse na produção de tecnologias na área prospectada. A justificativa para esse resultado pode estar relacionada às políticas públicas e aos incentivos governamentais para o desenvolvimento tecnológico nos países que apresentaram maior número de patentes na área prospectada.

Mesmo com a expressiva importância da bananicultura no Brasil, o país não apresentou depósitos de patentes que se correlacionassem ao objeto da prospecção. Isso permite uma maior exploração para o desenvolvimento de tecnologias com a finalidade de inovar na produção de banana e de contribuir no processo da neointustrialização do país, produzindo propriedade intelectual e promovendo a integração com o comércio internacional. Os desafios enfrentados na implementação de uma política concisa para o setor de PD&I no país podem ser o fator preponderante para o resultado aqui obtido.

## 5 Perspectivas Futuras

O estudo prospectivo identificou que o investimento em PI para inovar na cadeia produtiva da banana é uma necessidade urgente. Enquanto países como China e Estados Unidos avançam em estudos e depósitos na área de reconhecimento de imagem, o Brasil ainda não produziu

nenhuma patente relacionada. Esse cenário está associado à falta de uma cultura consolidada de proteção das inovações no país, algo que precisa ser incentivado para garantir uma posição de destaque no desenvolvimento tecnológico global.

Promover uma cultura de inovação e de proteção de PI envolve uma abordagem integrada e abrangente. Inicialmente, é essencial implementar programas educacionais que destaquem a importância da PI dentro das ICTs com propostas que devem incluir *workshops*, seminários e cursos específicos para pesquisadores, empreendedores e estudantes, ressaltando os benefícios da inovação e da proteção de PI para a indústria brasileira.

Além da educação, o governo deve oferecer incentivos fiscais e subsídios às empresas que investem em PD&I e que protegem suas inovações. Políticas públicas robustas que fomentem a inovação são cruciais para criar um ambiente propício ao desenvolvimento tecnológico.

Fortalecer as instituições de PI, como o INPI, também é fundamental. Essas instituições precisam ser capacitadas para agilizar o processo de registro de patentes, proporcionando suporte técnico e jurídico aos inovadores, incluindo apoio financeiro e jurídico para pequenas e médias empresas que frequentemente enfrentam dificuldades no processo de proteção de suas inovações. A formação de parcerias público-privadas desempenha um papel significativo. Colaborações entre universidades, centros de pesquisa e empresas privadas podem facilitar a transferência de conhecimento e o desenvolvimento de novas tecnologias. Essas parcerias incentivam a inovação ao combinarem recursos e *expertise* de diferentes setores.

Por último, ressalta-se que campanhas nacionais de sensibilização são vitais para aumentar a conscientização sobre os benefícios da PI e da inovação. Essas campanhas devem destacar como a inovação e a proteção de PI contribuem para o desenvolvimento econômico e tecnológico do país, incentivando a participação ativa de todos os setores da sociedade.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Agência de Financiamento CNPq – Programa Maidai (Chamada CNPq n. 12/2020) pelas bolsas de mestrado e de iniciação tecnológica. Os autores agradecem também à empresa Schmidt Agrícola, na pessoa de David Marcelino Almeida Schmidt, pela parceria e pelos recursos disponibilizados para o desenvolvimento do projeto.

## Referências

AIBA – ASSOCIAÇÃO DE AGRICULTORES E IRRIGANTES DA BAHIA. **Boletim Fruticultura:** Circular n. 3 – semestre 01/2024, Bahia, p. 16, 2024.

ALERJ – ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Inovação tecnológica:** países desenvolvidos saem na frente. 2009. Disponível em: <https://www.querodiscutiromeuestado.rj.gov.br/noticias/2353-inovacao-tecnologica-paises-desenvolvidos-saem-na-frente>. Acesso em: 29 mar. 2024.

ALVAREZ, R. dos R. Inovação Estratégias de Sete Países: Inovar é Preciso. **Série Cadernos da Indústria ABDI**, Brasília, DF, v. 15, p. 32-65, 2010.

- AN, Dong *et al.* Inventor. Univ. China Agricultural. Titular. Fish Feeding Method, System and Equipment Based on Image Processing and Storage Medium. **Patente PCT CN113592896**. 2020.
- ARANZAZU, Bereciartua-Perez *et al.* Inventor. BASF SE. Titular. **Patente PCT BR112022010842**. 2019.
- BRITO, L. D. Q. **Caracterização e Quantificação de Fungos Pós-Colheita em Bananas Comercializadas na Feira Livre de Sumé-PB**. Sumé, PB: Universidade Federal de Campina Grande, 2013.
- BRASIL. **Decreto n. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018**. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9283.htm). Acesso em: 15 mar. 2024.
- CASSIOLATO, J. E. **Boletim de Economia e Política Internacional**: as Políticas de Ciência, Tecnologia e Inovação na China. Brasília, DF: Ipea, 2013. p. 65-80.
- CISTP – CHINA INSTITUTE FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY. **China AI Development Report**. Tsinghua University, 2018. Disponível em: [https://indianstrategicknowledgeonline.com/web/China\\_AI\\_development\\_report\\_2018.pdf](https://indianstrategicknowledgeonline.com/web/China_AI_development_report_2018.pdf). Acesso em: 22 mar. 2024.
- DE CASTRO RAMOS, Isabella Villanueva; SARTORI, Rejane. Análise Evolutiva dos Depósitos de Pedidos de Patentes no Sul do Brasil à Luz da Lei de Inovação. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 1, p. 312-325, janeiro-março, 2023.
- DE NEGRI, J. A. **Investir em inovação é garantir o futuro**. Rio de Janeiro, RJ: Ipea, 2022.
- DIAS, N. da S. *et al.* Caracterização Físico-Química de Bananas ‘maçã’ e ‘williams’ em Sistema Orgânico de Produção. **HOLOS**, [s.l.], v. 1, p. 1-19, 2021. DOI: 10.15628/holos.2021.10186.
- DUNCAN, Robertson *et al.* Inventor. Dogtooth Tech Limited. Titular. Robotic Fruit Picking System. **Patente PCT US2021000013**. 2016.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Banana**. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/banana>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mandioca e Fruticultura Tropical**: a Cultura da Banana. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. (Coleção Plantar, 56).
- FAGUNDES, M. V. C. Influências das Universidades na Criação e no Desenvolvimento de Sistemas Locais de Inovação. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, Vitória da Conquista, n. 9, p. 61-79, 2010.
- FENG, Xuping *et al.* Inventor. Univ. Zhejiang. Titular. Field Rice Bacterial Leaf Blight Monitoring Method and System Based on Multi-Source Data. **Patente PCT CN114923908**. 2022.
- FGV – FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Monitor do PIB FGV – Ref. de dezembro**. Rio de Janeiro: FGV, 2024. 7p. Disponível em: [https://portalibre.fgv.br/system/files/2024-02/monitor-do-pib-fgv-fevereiro-de-2024-ref.-de-dezembro\\_0.pdf](https://portalibre.fgv.br/system/files/2024-02/monitor-do-pib-fgv-fevereiro-de-2024-ref.-de-dezembro_0.pdf). Acesso em: 12 mar. 2024.
- FERREIRA, J. B.; FERREIRA, T. S. Inovação em Países em Desenvolvimento: Avanços e Possibilidades. **GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias**, São Cristovão, v. 3, p. 1-16, 2013.
- FURTADO, K. D. C. *et al.* **O papel dos drones na agricultura 4.0 e 5.0**: auxílio tecnológico para uma agricultura eficiente, produtiva e sustentável. [S.l.]: Seven Editora, 2023.

- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção de Banana**. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>. Acesso em: 12 mar. 2024.
- ISHIMATSU, Takakazu *et al.* Inventor. Joho Seigyo Syst KK. Nagasaki Prefecture. Titular. Detecting Device for Underwater Floating Body. **Patente PCT JPH02113374**. 1990.
- ITZHAK, Khait; MOSHE, Bar. Inventor. Centure Application Ltd. Titular. System and Method for Real-Time Crop Management. **Patente PCT BR112022012618**. 2020.
- KANG, Zhilong *et al.* Inventor. Univ. Hebei Technology. Titular. Kiwi Fruit Quality Detection Method Based on Deep Learning and Hyperspectral Imaging Technology. **Patente PCT CN114965346**. 2022.
- LEI, X. P. *et al.* The inventive activities and collaboration pattern of university-industry-government in China based on patent analysis. **Scientometrics**, [s.l.], v. 90, n. 1, p. 231-251, 2012.
- LEUSIN, M. E. *et al.* Patenting patterns in Artificial Intelligence: Identifying national and international breeding grounds. **World Patent Information**, [s.l.], v. 62, p. 13, 2020.
- LICHTEMBERG, L. A.; LICHTEMBERG, P. dos S. F. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 33, p. 29-36, número especial, 2011. DOI: 10.1590/S0100-29452011000500005.
- LU, Binghai; ZHU, Congrong. Inventor. University Zhejiang Ocean. Titular. Automatic Fry Counting System Based on Computer Vision. **Patente PCT CN101430775**. 2009.
- LUNDVALL, B. Å. National innovation systems-Analytical concept and development tool. **Industry and Innovation**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 1-35, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1080/13662710601130863>.
- LYRIO, M. C. **A ascensão da China como potência: fundamentos políticos internos**. Brasília, DF: Funag, 2010.
- MAIA, V. M. *et al.* Tipos e intensidade de danos mecânicos em bananas ‘prata-anã’ ao longo da cadeia de comercialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 365-370, 2008. DOI: 10.1590/S0100-29452008000200017.
- MCTIC – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÃO E COMUNICAÇÃO. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação**. Brasília, DF: MCTIC, 2016.
- NADIA, Shakoor; TODD, C. Mockler; WILLIAM, Francis Kezele. Inventor. Donald Danforth Plant Science Center. Titular. Integrated Field Phenotyping and Management Platform for Crop Development and Precision Agriculture. **Patente PCT BR112019004060**. 2016.
- PARANHOS, Rita de Cássia Santos; RIBEIRO, Núbia Moura. Importância da prospecção tecnológica em base em patentes e seus objetivos da busca. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 5, Ed. Esp. VIII ProspecCT&I, p. 1.274-1.292, dezembro, 2018.
- QIN, Jingyuan *et al.* Inventor. Guangxi Zhongyi Water Fertilizer Integration Biotechnology Co Ltd. Titular. Banana Plant Nutrition Judgment Method Based ON Machine Learning. **Patente PCT CN113988465**. 2021.
- SHI, Yang. Inventor. Hunan Vitar Tech Co Ltd. Titular. App for Household Cultivation of Hydrangea Based on Big Data and Image Recognition. **Patente PCT CN107066948**. 2017.

SILVA E ALVAREZ, E. M. de P. e. Inovação Estratégias de Sete Países: o significado da pesquisa Mobit. **Série Cadernos da Indústria ABDI**, Brasília, DF, v. 15, p. 24-31, 2010.

SILVA, L. C. S. *et al.* Informação Tecnológica: Identificando Tecnologias, Vantagens e Aplicações Através do Banco Nacional e Internacional de Patentes. **HOLOS**, [s.l.], v. 1, p. 139-150, 2013.

SINISTERRA, R. D.; SEGURA, M. E. C.; CREPALDE, J. Centros de Provas de Conceito e de Escalonamento e a Transferência e o Licenciamento de Tecnologias de ICT para Empresas: estratégia para consolidar a Inovação. **Inovação, Ciência, Tecnologia e Gestão – a UFMG em Perspectiva**, [s.l.], 2021.

ZHAO, Wenfeng *et al.* Inventores. Univ. South China Agricul. Titular. BP Neural Network-Based Banana Maturity Detection Method and Device. **Patente PCT CN112418130**. 2020.

## Sobre os Autores

### **Catharinne Barreto do Carmo**

*E-mail:* cathy.s2.docarmo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7180-2883>

Bacharel Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Oeste da Bahia em 2022.

Endereço profissional: Rua da Prainha, n. 1.326, Morada Nobre, Barreiras, BA. CEP: 47810-047.

### **Gabriela Silva Cerqueira**

*E-mail:* gabriela.cerqueira@ufob.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3610-4544>

Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia em 2017.

Endereço profissional: Rua da Prainha, n. 1.326, Morada Nobre, Barreiras, BA. CEP: 47810-047.

### **Ramon Adrian Salinas Franco**

*E-mail:* ramon.franco@ufob.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2653-9835>

Doutor em Tecnologia pela Universidade Estadual de Campinas em 2019.

Endereço profissional: Rua da Prainha, n. 1.326, Morada Nobre, Barreiras, BA. CEP: 47810-047.

### **Cristine Elizabeth Alvarenga Carneiro**

*E-mail:* cristine.carneiro@ufob.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0782-3523>

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Londrina em 2012.

Endereço profissional: Rua da Prainha, n. 1.326, Morada Nobre, Barreiras, BA. CEP: 47810-047.

# Estudo Prospectivo para a Transferência Tecnológica de Uso de Casca de Banana como Despoluente de Águas Tratadas e de Rios

*Prospective Study for the Technology Transfer of the use of Banana Peels as a Depollutant of Treated Waters and Rivers*

Ana Luisa Morais<sup>1</sup>

Isabela Moreira<sup>1</sup>

Renaide Pimenta<sup>1</sup>

Grace Ferreira Ghesti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

## Resumo

O agronegócio tem força significativa na economia brasileira. O resíduo gerado vem acompanhado de consequências ambientais relacionadas à poluição do ar, da terra e, principalmente, das águas. Nesse ínterim, surgem tecnologias de economia circular para redução dos danos causados pelo agronegócio, como aquelas capazes de despoluir a água contaminada por pesticidas utilizados na produção de grãos. A eficaz pesquisa laboratorial realizada pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP) utilizou casca de banana para remoção dos pesticidas atrazina e ametrina, largamente utilizados nas plantações de cana-de-açúcar e de milho, e de águas poluídas. Por meio de uma prospecção tecnológica ativa, foi possível traçar uma estratégia de transferência tecnológica e concluir que a tecnologia é embrionária e pouco difundida, recomenda-se então a criação de uma empresa *startup* para elevar o grau de desenvolvimento tecnológico. Vale destacar que se trata de um invento que não atende aos requisitos de patenteabilidade, logo a transferência tecnológica ocorrerá mediante contrato de *know-how*.

Palavras-chave: Transferência de Tecnologia; Casca de Banana; Economia Circular.

## Abstract

Agribusiness has significant strength in the Brazilian economy. The waste generated is accompanied by environmental consequences related to air, land and, especially, water pollution. In the meantime, circular economy technologies are emerging to reduce the damage caused by agribusiness, such as those capable of depolluting water contaminated by pesticides used in grain production. The effective laboratory research carried out by CENA at USP used banana peels to remove the pesticides atrazine and ametryne, widely used in sugarcane and corn plantations, from polluted waters. Through an active technological prospecting, it is possible to outline a technology transfer strategy and conclude that the technology is embryonic and not very widespread, so it is recommended to create a startup to raise the level of technological development. It is worth noting that this is an invention that does not meet the patentability requirements, so the transfer of technology will occur through a know-how contract.

Keywords: Technology Transfer; Banana Peel; Circular Economy.

Áreas Tecnológicas: Economia circular. Prospecção Tecnológica. Transferência de Tecnologia.



# 1 Introdução

A inovação movimentou o mercado nos últimos anos e garantiu que a melhoria dos processos se tornasse uma arma primária das batalhas competitivas entre empresas de alta tecnologia (Baumol, 2003). Sendo assim, os agentes da sociedade civil trabalham para fomentar a inovação. No Brasil, as atividades inovativas estão relacionadas às universidades, mas as atividades de comercialização das invenções são realizadas pelas empresas. Dessa maneira, são traçadas estratégias de transferência tecnológica, isto é, a transferência do invento de um instituto de pesquisa para uma empresa capaz de escalar e de comercializar a inovação em questão (Ferreira *et al.*, 2024).

Por outro lado, o agronegócio destaca-se significativamente na economia brasileira. De acordo com dados calculados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), estima-se que esse setor representou, ao final de 2023, 24,4% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional (Cepea; CNA, 2023). Um dos produtos responsáveis por essa porcentagem é o milho, o qual atingiu a maior safra da história no ano de 2023, segundo o 1º Levantamento da Safra de Grãos 2023/2024 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2023).

No Distrito Federal, foram produzidos 6.142 kg por hectare do milho de segunda safra, ultrapassando a produção nacional de 6.088 kg por hectare, conforme o 7º Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2023). Para conseguir acompanhar a alta produtividade nacional, é comum a utilização de pesticidas como defensivos agrícolas no manejo das culturas para controlar pragas e doenças e proteger a colheita.

O resíduo tóxico da alta produção vem acompanhado de consequências ambientais relacionadas à poluição das águas, do ar e da terra. Dentro desse contexto, surgem diversas tecnologias e políticas que promovem uma redução dos danos causados pelo agronegócio, como aquelas capazes de despoluir a água contaminada por pesticidas utilizados na produção de grãos (Lopes; Albuquerque, 2021).

A pesquisa realizada pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo utilizou a casca de banana para remoção dos pesticidas atrazina e ametrina, largamente utilizados nas plantações de cana-de-açúcar e de milho, e de águas poluídas. A tecnologia consiste em secar as cascas de bananas no forno a 60°C, por cinco dias, moê-las e peneirá-las, assim o pó produzido é capaz de adsorver esses pesticidas quando inserido em amostras de rios e águas tratadas (Silva *et al.*, 2013).

A relevância da escolha desses dois pesticidas deve-se à abrangência da utilização em plantações e aos impactos ambientais causados por seus resíduos, principalmente da atrazina. Conforme aponta o dossiê sobre agrotóxicos nas águas do Cerrado realizado por Lopes, Gurgel e Melo (2023), representando a Fiocruz, a atrazina foi o quinto agrotóxico mais comercializado no Brasil em 2021 e foi encontrada nas amostras de águas analisadas de todos os estados da região. O estudo adiciona que, pelos seus efeitos nocivos ao sistema endócrino, como a diabetes, a atrazina foi banida na União Europeia.

O interesse sobre soluções de economia circular para despoluição das águas abre oportunidades para parcerias entre a universidade e as empresas com o objetivo de escalonar a tecnologia para alcançar níveis de prontidão tecnológica mais altos e utilização em maior escala. Nesse sentido, o modelo de hélice quádrupla busca justamente promover uma inovação não linear, envolvendo conhecimento, *know-how* e o sistema natural-ambiental (Barth, 2011). Estar inserido nesse modelo beneficia a universidade em prol de maior difusão do seu conhecimento gerado nos campos social e ambiental.

De acordo com Geissdoerfer *et al.* (2017), o conceito de economia circular ganhou espaço com os formuladores de políticas públicas, os governos influentes e as agências intergovernamentais em diferentes níveis territoriais. Conforme destacam Sauv e, Bernard e Sloan (2016, p. 17), esse tipo de economia, ao contrário da linear, busca “[...] promover um sistema onde a reutiliza o e a reciclagem substituem a utiliza o de matérias-primas virgens”. A devida importância surge da necessidade de aproveitamento inteligente dos resíduos dos recursos naturais, já escassos (Sehnem; Pereira, 2019). Entre os benefícios da aplica o de economia circular, pode-se citar também a cria o de oportunidades e de novos modelos de negócio (Ellen Macarthur Foundation, 2015). Com isso, surgem tecnologias como a estudada neste artigo, a qual promove a remo o de pesticidas de águas de rios e  guas tratadas, a partir da casca de banana.

Uma ferramenta importante nessa intera o universidade-indústria-governo-sociedade-ambiente   a Transferência de Tecnologia. “O objetivo da transferência de tecnologia não   exclusivamente a produ o industrial imediata de um novo produto ou processo, mas a aquisi o de um conjunto de conhecimento que só se concretiza através da realiza o conjunta de atividades de pesquisa” (Agustinho; Garcia, 2018, p. 78).

Dessa maneira,   fundamental que haja um processo de transferência tecnológica (podendo ser por meio de licenciamento, compartilhamento de titularidade de propriedade intelectual, contrato de coopera o, contrato de *know-how*, etc.) para que a tecnologia seja produzida de maneira sistemática, sustentável e inteligente.

Como grande produtor de milho no Brasil e potencial usuário dos pesticidas atrazina e ametrina, o Centro-Oeste e o Distrito Federal são bons campos de aplica o da tecnologia e de op oes para empresas parceiras.

Dado esse contexto, este trabalho teve como objetivo geral apresentar alternativas de transferência tecnológica para o aproveitamento do resíduo da banana na remo o de pesticidas de águas de rios e  guas tratadas despolui o de rios. Adicionalmente, os objetivos específicos são:

- a) Realizar uma busca bibliométrica dos trabalhos semelhantes;
- b) Desenvolver uma matriz FOFA para identificar as forças e fraquezas da tecnologia;
- c) Identificar empresas que possam comercializar e/ou utilizar a tecnologia.

## 2 Materiais e Métodos

A presente pesquisa se classifica como básica, exploratória e bibliográfica (Silveira; Córdova, 2009). Sua metodologia tem como intuito explorar o processo de transferência de uma tecnologia, o qual é precedido por uma prospecção. Conforme proposto por Bahruth *et al.* (2006), a busca prospectiva é mais eficiente quando ocorre em quatro fases predefinidas.

### 2.1 Método de Busca Prospectiva

As quatro fases de uma prospecção, definidas por Bahruth *et al.* (2006), são:

1. Fase preparatória: definição do objetivo e do escopo que será trabalhado.
2. Fase pré-prospectiva: definição das palavras-chave da busca e a escolha da forma de captação dos dados.
3. Fase prospectiva: coleta, tratamento e análise dos dados.
4. Fase pós-prospectiva: comunicação dos resultados e a efetiva aplicação.

O trabalho parte do entendimento de que a tecnologia apresentada, de maneira simples, utiliza a casca de banana para remoção dos agrotóxicos atrazina (usado para o controle de ervas daninhas) e ametrina (controle de plantas infestantes de folhas estreitas e de folhas largas) de rios e águas tratadas (Silva *et al.*, 2013).

Dessa maneira, na Fase 1 estabeleceu-se como objetivo, neste caso, definir a estratégia de transferência tecnológica, na qual o parceiro entende todas as qualidades e atributos da invenção. O escopo de trabalho foi analisar tecnologias semelhantes e os potenciais diferenciais da utilização da casca de banana como descontaminante de rios, além de definir o tipo de transferência, a possibilidade de registro patentário e o setor empresarial que pode se tornar parceiro desse desenvolvimento.

Na Fase 2, foram determinadas as palavras-chave. Nesse caso, o entendimento da tecnologia e o estudo de mercado e de diferenciais ocorreram por meio de pesquisas na plataforma Web of Science devido à sua credibilidade e à vasta base de produções científicas com classificações de fator de impacto. As palavras-chave foram definidas após sucessivas buscas, até se estabelecer um universo de resultados que pudesse ser efetivamente analisado. A Tabela 1 mostra as tentativas de busca e seus respectivos resultados.

**Tabela 1** – Definição de palavras-chave

PALAVRAS-CHAVE	ARTIGOS ENCONTRADOS NO WEB OF SCIENCE
“banana peel”	1.295
“banana peel” and “pesticide”	19
“banana peel” and “clean up”	3

Fonte: Web of Science (2023)

A combinação escolhida foi “*banana peel*” AND “*pesticide*”, que retornou resultados passíveis de análise e próximo do universo da invenção estudada. Apesar de não gerar uma ampla quantidade de artigos encontrados, foi importante unir essas duas expressões para buscar tecnologias semelhantes à estudada. O objetivo com as buscas foi entender se a tecnologia já é amplamente difundida e se está madura para o mercado. Os resultados serão apresentados na seção seguinte. Posteriormente, por sua vez, buscou-se a apresentação de parceiros capazes de absorver a produção e a comercialização da tecnologia.

Na Fase 3, os dados resultantes da etapa anterior foram exportados para uma planilha e foram analisadas as tecnologias associadas aos artigos apresentados pela busca. Também foram incluídos nessa análise artigos correlatos e patentes depositadas. A busca por patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) utilizando “casca de banana” não retornou resultados de adsorventes produzidos a partir desse resíduo.

Por fim, na Fase 4, denominada “fase pós-prospectiva”, nesse escopo, contou com a comunicação dos resultados e com a apresentação da estratégia de transferência tecnológica.

## 2.2 Identificação da Prontidão Tecnológica

Com um estudo sobre o estado da técnica da tecnologia utilizando as publicações científicas sobre o tema, é possível avaliar o Nível de Prontidão Tecnológica (*Technology Readiness Level* – TRL) da novidade (Quintella *et al.*, 2019a). Por meio da quantidade de artigos e de patentes semelhantes à tecnologia estudada, pode-se identificar sua difusão e aceitabilidade no mercado.

Essa escala é uma ferramenta útil para acompanhar a evolução da ideia inicial, o risco associado à implementação da tecnologia e, especialmente neste estudo prospectivo, para compreender o estágio de maturidade tecnológica da invenção. No caso específico do uso da casca de banana para despoluir água contaminada por pesticidas, a escala TRL pode fornecer *insights* importantes sobre a viabilidade e o potencial de implementação dessa inovação.

Tão importante quanto identificar o nível de maturidade da tecnologia em desenvolvimento é conhecer o cenário que esse produto estará inserido. Para tanto, utilizou-se da ferramenta de matriz FOFA.

## 2.3 Matriz FOFA

A Matriz FOFA é uma ferramenta de gestão que ajuda a identificar as Forças (*Strengths*), as Fraquezas (*Weaknesses*), as Oportunidades (*Opportunities*) e as Ameaças (*Threats*) de uma empresa ou projeto (Humphrey, 2005). Ela é usada para auxiliar no planejamento estratégico, fornecendo uma visão abrangente do ambiente interno (forças e fraquezas) e externo (oportunidades e ameaças). Essa ferramenta é conhecida também pela sigla FOFA, em português.

Nesse sentido, a aplicação da Matriz FOFA permite que os gestores tomem decisões mais assertivas e desenvolvam estratégias eficazes para alcançar seus objetivos, promovendo a melhoria contínua em suas atividades (Humphrey, 2005). É uma ferramenta versátil que pode ser utilizada por empresas de todos os tamanhos, organizações sem fins lucrativos, empreendedores individuais e equipes de projeto.

### 3 Resultados e Discussão

No presente estudo, utilizou-se a tecnologia desenvolvida pela Universidade de São Paulo (USP) que desenvolveu – de forma preliminar – um potencial descontaminante de águas poluídas com pesticidas com insumo abundante e barato: a casca da banana (Silva *et al.*, 2013). De acordo com Silva *et al.* (2013), identificou-se a potencialidade da casca de banana na solução de águas poluídas pelos pesticidas utilizados nas plantações de cana-de-açúcar e de milho. Nos testes laboratoriais que aplicaram 3g de massa de banana durante 40 minutos em amostras de 50ml de rios contaminados, os resultados foram animadores, já que as águas ficaram consideravelmente livres dos componentes após o tratamento. Se comparado a outros procedimentos mais comuns, como aqueles que utilizam carvão, é possível perceber resultados mais eficazes, devido à eficiência atingida foi de 93,8% para a atrazina e 95,2% para a ametrina.

Nessa ocasião, não foram feitos depósitos de patente, haja vista que a invenção não atende aos critérios de patenteabilidade, isso porque se trata de uma matéria encontrada na natureza – em que sua nova aplicação é apenas uma descoberta, não atendendo ao requisito de “atividade inventiva” (Brasil, 1996).

Para uma transferência bem-sucedida, é necessário compreender o nível de prontidão tecnológica do invento, o mercado que ele será inserido e quais os pontos fortes e fracos dessa invenção. Com relação à prontidão tecnológica, ao analisar os testes realizados e os resultados alcançados, percebe-se que a tecnologia já superou os estágios relacionados à pesquisa básica e inicia um desenvolvimento no âmbito da pesquisa aplicada, dado que a última refere-se àquelas pesquisas com soluções atingidas para um problema existente em contraponto à primeira que se compromete a entregar novos conhecimentos, conforme aponta Gil (2018). Nesse sentido, é possível que tenha sido definida a função crítica analítica e experimental, o que corresponde ao TRL 3, considerando a escala de nível de maturidade tecnológica da National Aeronautics and Space Administration (NASA, 2017), a qual determina esse nível para tecnologias que apresentem prova de conceito, assim como o caso deste artigo. Os pesquisadores demonstraram, em estudos preliminares, a eficácia da casca de banana na remoção de pesticidas da água com o uso de estudos analíticos e experimentais.

Embora a eficácia da tecnologia tenha sido demonstrada em escala laboratorial como mencionado no estudo de Silva *et al.* (2013), ainda há um longo caminho a ser percorrido antes que ela possa ser implementada em lotes-piloto. A continuação da pesquisa e do desenvolvimento é, portanto, essencial para avançar a maturidade tecnológica dessa inovação, sendo necessários então mais investimento e análise da viabilidade de uma transferência de tecnologia.

No Brasil, para se buscar mais recursos para esse fim, recomenda-se a criação de uma *startup* para o avanço no desenvolvimento da tecnologia, contribuindo para a elaboração de um modelo de negócio viável. Para o Sebrae (2023a), “[...] *startup* é uma empresa emergente de alto potencial e alto risco, que começa do zero, com recursos baixos, precisando de investimento e boa gestão”. Destaca-se que o invento ainda está em escala de bancada, mas, por atingir um elevado grau de eficiência na aplicação, nota-se grande potencial da tecnologia no cenário local e nacional, o que leva a um rastreamento dos mercados em que a tecnologia pode obter sucesso.

Neste estudo, o mercado local é caracterizado pelo Centro-Oeste, região forte no setor do agronegócio, especialmente na produção de grãos, como o milho (IBGE, 2023). Além disso, conforme descrito no dossiê da Fiocruz sobre agrotóxicos nas águas do Cerrado realizado por Lopes, Gurgel e Melo (2023), o monocultivo de milho representa 13% da utilização de agrotóxicos em relação ao total do país com pulverizações aéreas e terrestres que penetram o solo e contaminam as águas das comunidades vizinhas aos campos de cultivo nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Dessa forma, a adoção de tecnologias sustentáveis e inovadoras, como a utilização da casca de banana para remoção de pesticidas em águas, pode trazer benefícios ambientais, sustentáveis e econômicos para a região (Silva *et al.*, 2013). Segundo a Agência Goiana de Defesa Agropecuária (Agrodefesa, 2023), na safra de 2023, Goiás produziu 197,3 mil toneladas de banana alcançando o 9º lugar no *ranking* nacional de produção da fruta. Esse dado suporta a utilização da casca de banana como um insumo para possibilitar a transferência da tecnologia para uma *startup* capaz de potencializar a inovação.

A implementação dessa tecnologia é capaz de reduzir a contaminação dos recursos hídricos pelos componentes atrazina e ametrina e contribui para a conservação da biodiversidade local e a saúde da população. Caso potencializada, ao minimizar a necessidade de tratamentos de água mais caros e intensivos em energia, essa inovação pode gerar economia para os produtores e reduzir a pegada de carbono da produção agrícola. Portanto, essa tecnologia representa um exemplo concreto de como a inovação pode aliar produtividade, sustentabilidade e economia no agronegócio (MAPA, 2023).

Ainda é importante destacar que o mercado do Distrito Federal é marcado pela presença de *startups* e de empresas de tecnologia, que buscam soluções criativas para os desafios da região, além dos grandes produtores que estão sempre em busca de novas soluções para o setor (Sebrae, 2023a). A implementação de tecnologias sustentáveis no agronegócio pode abrir novas oportunidades de negócios e parcerias, contribuindo para o crescimento e a diversificação da economia local.

No contexto da invenção estudada, é possível identificar os pontos fortes e fracos da invenção, embasados no que foi apresentado por Silva *et al.* (2013). De acordo com a Matriz FOFA de Humphrey (2005), esses são os pontos de atenção relacionados ao ambiente interno de um negócio. Dado que a sugestão principal para o avanço do desenvolvimento da tecnologia em questão é a abertura de uma *startup* que absorva o risco do desenvolvimento, é necessário ainda analisar o ambiente em que ela estará inserida como empresa, identificando oportunidades e ameaças no ecossistema empreendedor. Sendo assim, o Quadro 1 apresenta a visão das quatro dimensões citadas: forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

**Quadro 1 – Matriz FOFA do negócio**

FORÇAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A principal matéria-prima, a casca de banana, é barata e abundante.</li> <li>• A desidratação da casca de banana pode ser um processo relativamente simples, embora envolva gasto energético adicional.</li> <li>• O desenvolvimento já provou a eficácia em escala laboratorial, com estudos preliminares indicando uma remoção significativa de pesticidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Há possíveis clientes para o produto, já que existe um vasto mercado de agronegócio que é beneficiado pelo uso de pesticidas, como atrazina e ametrina, conhecidos por sua persistência e toxicidade.</li> <li>• O produto final tende a ser acessível aos consumidores, dada a abundância da matéria-prima, a casca de banana.</li> <li>• Não há concorrência direta para um produto semelhante que utilize casca de banana como adsorvente, embora existam outras tecnologias de adsorventes como carvão ativado, argilas e sílica.</li> <li>• Existe uma cobrança social crescente por marcas com consciência ambiental, o que pode favorecer a adoção da tecnologia por empresas que buscam melhorar suas práticas ambientais.</li> </ul>
FRAQUEZAS	AMEAÇAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A quantidade de matéria-prima necessária pode dificultar a viabilidade técnica do negócio, de acordo com estudos preliminares.</li> <li>• Não há comprovação da eficácia da tecnologia em larga escala.</li> <li>• O desenvolvimento ainda é embrionário e necessita de mais pesquisas e testes.</li> <li>• O invento não atende aos requisitos de patenteabilidade.</li> <li>• Há um custo elevado de logística de coleta da casca de banana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausência de consciência ambiental concreta nos produtores de grãos e outros plantios.</li> <li>• Dificuldade no transporte e/ou armazenamento adsorvente pode coibir a comercialização.</li> <li>• Investidores podem não se interessar por um desenvolvimento que não pode ser protegido por propriedade industrial.</li> <li>• Concorrência de outras tecnologias de adsorventes, como diversos tipos de carvão, argilas e sílica, que já estão estabelecidas no mercado.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pelas autoras deste artigo (2023)

Nesse sentido, entende-se que o possível negócio tem pontos a serem superados, ao exemplo da ausência do atendimento dos requisitos de patenteabilidade. Uma forma de contornar a questão é que a transferência tecnológica entre a detentora da pesquisa, a Universidade de São Paulo e a empresa ocorre por meio de um contrato de *know-how*, com cláusulas de sigilo. A saber:

O contrato de *know-how* é aquele em que uma pessoa, física ou jurídica, se obriga a transmitir ao outro contraente, para que este os aproveite, os conhecimentos que têm de processo especial de fabricação, de fórmulas secretas, de técnicas ou de práticas originais, durante certo tempo, mediante o pagamento de determinada quantia, chamada de *royalty* (taxa fixa de remuneração, estipulada livremente entre os contratantes) (Carvalho, 2014, p. 37-38).

De forma simples, é necessário estabelecer um plano de trabalho que seja eficiente em transformar o desenvolvimento em produto a ser comercializado. Sendo assim, a partir de todos os pontos trazidos, entende-se que é preciso:

- 1) Realizar novos testes em escala laboratorial com amostras maiores do que as utilizadas inicialmente.
- 2) Incubar uma empresa ou criação de uma *startup* ligada ao grupo de pesquisa com objetivo de atrair investimento na tecnologia em desenvolvimento.

- 3) Identificar possíveis usuários da tecnologia e fazer adequações às necessidades dos possíveis clientes.
- 4) Realizar negociação que favoreça todas as partes, *startup* e grande empresa usuária da tecnologia, estabelecendo no contrato de *know-how* os valores de *royalty*. Esse pagamento deve ser feito da empresa para a *startup*.

Este último, por sua vez, precisa de atenção das partes, isso porque à medida que o desenvolvimento vem ganhando robustez e prontidão, é necessária uma maior compensação financeira. O Quadro 2 apresenta a possível valoração da tecnologia, considerando que se trata de um desenvolvimento radical.

**Quadro 2** – Estudo de valoração a partir da prontidão tecnológica e de análise de risco associado

TRL	Risco	VALORAÇÃO
Baixo	Alto	Baixa
Médio	Alto	Baixa
Alto	Médio	Alta, sob estudo de mercado

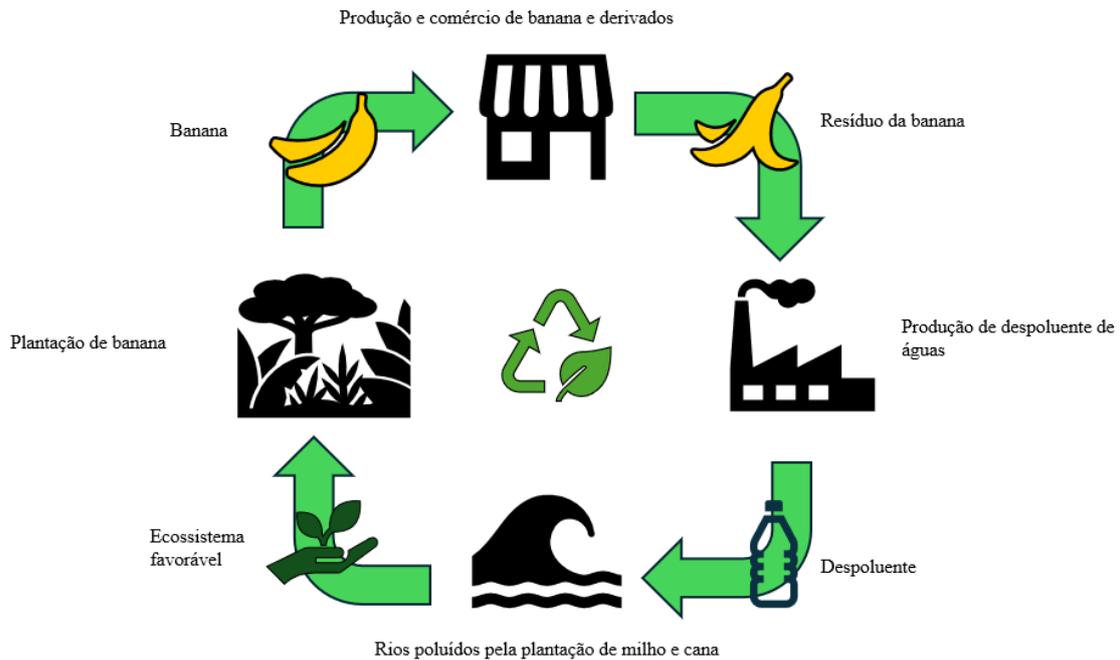
Fonte: Adaptado de Quintella *et al.* (2019b)

De acordo com Duro (2015), estipula-se uma compensação a ser fixada percentualmente sobre as vendas. De acordo com a Tabela 2, até um desenvolvimento em ambiente relevante (nível 6), considerado médio, consegue estabelecer uma taxa de *royalty* baixa a ser paga para a *startup* escalonadora da tecnologia. Com o desenvolvimento mais avançado, em TRL de 7 a 9, o risco diminui e, conseqüentemente, a valoração aumenta (Ferreira *et al.*, 2024). Nessa ocasião, o percentual pode ser maior.

Também é possível criar soluções tecnológicas que facilitem o transporte e o armazenamento do produto, além de testes que diminuam a quantidade de insumo utilizado em cada amostra, buscando um resultado otimizado.

Outros possíveis interessados no desenvolvimento são empresas ligadas à venda da banana ou que a utilizem como insumo, isso porque a tecnologia daria uma destinação aos resíduos gerados pela fruta e enriqueceria o ecossistema industrial por meio da despoluição de rios. Em uma busca na base de dados Econodata (2024), foram encontradas 253 empresas em Goiás registradas na Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) 1031-7/00 – Fabricação de conservas de frutas, o que demonstra parte do universo passível de distribuição do resíduo necessário para produzir o bioadsorvente a partir da casca da banana. O tratamento das águas contaminadas pelos componentes atrazina e ametrina, por sua vez, favorece um ambiente mais propício ao plantio de mais bananas. Esse processo pode se dar via comercialização do adsorvente para empresas de tratamento de águas e efluentes, as quais fazem a instalação e a manutenção das plantas de tratamento. Esse fluxo cíclico caracteriza a tecnologia como parte do conceito de economia circular. A Figura 2 exemplifica esse fluxo.

**Figura 1** – Fluxo da economia circular do resíduo da banana



Fonte: Elaborada pelas autoras deste artigo (2023)

A representação mostra que, além dos benefícios gerados para a indústria do milho e da cana-de-açúcar que diminuirão seus impactos ambientais e melhorarão sua reputação mediante os consumidores, a indústria da banana também será beneficiada ao encontrar destino para os seus resíduos.

## 4 Considerações Finais

Este estudo prospectivo foi utilizado como ferramenta para avaliar o potencial da invenção realizada por um grupo de pesquisa da USP em 2013. A descoberta da casca de banana como despoluente de águas contaminadas com pesticidas precisava compreender o seu posicionamento tecnológico e o possível procedimento de transferência tecnológica para um avanço mais robusto.

As análises de artigos científicos no tema possibilitaram a identificação do nível de prontidão tecnológica ainda preliminar, superando somente as fases básicas da pesquisa (TRL 3). Também se destacam questões relacionadas à viabilidade do produto, ainda pouco explorada dado um desenvolvimento ainda inicial. Ainda assim, por focar em ideais sustentáveis e por existir um mercado consumidor já bem estabelecido, é possível que o negócio tenha sucesso depois de cumprir as fases do desenvolvimento tecnológico – por meio da criação de uma *startup* – e dos procedimentos de transferência tecnológica.

Escalonar tecnologias de aproveitamento de resíduos para despoluição de águas contaminadas é investir em economia circular no país e vai de encontro aos interesses de políticas públicas de inovação. Além disso, essa possibilidade permite a criação de novos negócios e de novas empresas para o desenvolvimento tecnológico de uma tecnologia ainda incipiente, mas com potencial disruptivo.

Concluiu-se com essa prospecção tecnológica que a descoberta é uma atividade inventiva pouco explorada, mas se trata de um insumo já amplamente conhecido e existente na natureza, o que caracteriza o invento como uma “descoberta”. Isso pode implicar o não cumprimento da obrigatoriedade de um pedido de patente de invenção, o que favorece a elaboração de um contrato específico de *know-how*. Essa opção pode dar o subsídio necessário para que o invento se torne um produto comercial e chegue ao consumidor final – que tende a ser as grandes produtoras de grãos, principalmente as localizadas no Centro-Oeste, campo de estudo deste relatório.

## 5 Perspectivas Futuras

Com o baixo nível de exploração da casca da banana para esse fim, os estudos acerca da viabilidade técnica da rota tecnológica apresentada devem ser mais aprofundados. Sugere-se promover estudos para a evolução da tecnologia com o propósito de atingir níveis de prontidão tecnológicas mais elevados. Para tal, podem ser consideradas instituições de fomento para dar escalabilidade ao produto, como Finep, BNDES e Embrapii.

Avaliando o mercado em que a invenção está inserida, pode-se verificar variadas possibilidades de clientes para a descoberta, além de empresas fornecedoras de insumo e possíveis interessadas na escalabilidade da produção. Também se constatou um baixo retorno do produto, proporcional aos custos produtivos.

Diante do exposto, ressalta-se que a tecnologia pode ser interessante para o mercado por apresentar baixo risco financeiro, apesar do risco tecnológico associado. Sendo assim, entende-se que a tecnologia tem perspectivas positivas de adentrar e permanecer como um aliado da agroindústria.

## Referências

ABIMILHO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MILHO. **Associadas**. 2023. Disponível em: <https://abimilho.com.br/abimilho>. Acesso em: 19 dez. 2023.

AGRODEFESA – AGÊNCIA GOIANA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Mais de 250 produtores rurais e técnicos debatem cenários para produção de banana em Goiás**. 2023. Disponível em: <https://goias.gov.br/agrodefesa/mais-de-250-produtores-rurais-e-tecnicos-debatem-cenarios-para-producao-de-banana-em-goias/>. Acesso em: 11 jul. 2024.

AGUSTINHO, Eduardo Oliveira; GARCIA, Evelin Naiara. Inovação, transferência de tecnologia e cooperação. **Direito e Desenvolvimento**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 223-239, 2018.

BAHRUTH, E. B. *et. al.* Prospecção Tecnológica na Priorização de Atividades de C&T: caso Q-Trop\_Tp. **Gestão em Biotecnologia**, [s.l.], v. 1, p. 300-324, 2006.

BARTH, T. D. The idea of a green new deal in a Quintuple Helix model of knowledge, know-how and innovation. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development**, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.

BAUMOL, William J. Innovations and growth: two common misapprehensions. **Journal of Policy Modeling**, [s.l.], v. 25, n. 5, p. 435-444, 2003.

BRASIL. **Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996**. Lei da Propriedade Industrial. Regula os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Brasília, DF: Senado Federal, 1996. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9279.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9279.htm). Acesso em: 19 dez. 2023.

CARVALHO, Carlos Eduardo Neves de. Contratos de know-how (fornecimento de tecnologia). **Revista da ABPI**, [s.l.], n. 128, p. 37-38, jan.-fev. 2014.

CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA; CNA – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **PIB do agronegócio – 2º Trimestre de 2023**. ESALQ-USP, Piracicaba, 28 de setembro de 2023. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-DO-AGRONEGOCIO-28SET2023.pdf>. Acesso em: 29 out. 2023.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 1, primeiro levantamento, outubro de 2023.

DURO, Laura Delgado. **Aspectos jurídicos do contrato de know-how**. Rio Grande do Sul: PUC-RS, 2015.

ECONODATA. **Lista de empresas de fabricação de conserva de frutas**. 2024. Disponível em: <https://www.econodata.com.br/empresas/go/fabricacao-de-conservas-de-frutas-c-1031700>. Acesso em: 11 jul. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards a Circular Economy**: Business rationale for an accelerated transition. 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org>. Acesso em: 11 jul. 2024.

FERREIRA, Bruno Favi *et al.* Study on the efficiency of technology transfer through the strategic use of TRL in Technological Showcases at universities. **Peer Review**, [s.l.], v. 6, p. 1-14, 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

HUMPHREY, Albert S. SWOT analysis. **Long Range Planning**, [s.l.], v. 30, n. 1, p. 46-52, 2005.

GEISSDOERFER, M. *et al.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 143, p. 757-768, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>. Acesso em: 11 jul. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola – LSPA**. Brasília, DF: IBGE, 2023.

LOPES, Carla Vanessa Alves; ALBUQUERQUE, Guilherme Souza Cavalcanti de. Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, [s.l.], v. 37, p. e00116219, 2021.

LOPES, Helena Rodrigues; GURGEL, Aline do Monte; MELO, Luiza Carla de. **Vivendo em territórios contaminados**: um dossiê sobre agrotóxicos nas águas de Cerrado. Palmas: Apato, 2023.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano ABC**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc-programas-e-estrategias>. Acesso em: 16 dez. 2023.

NASA – NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Technology Readiness Level**. 2017. Disponível em: [https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt\\_accordion1.html](https://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/engineering/technology/txt_accordion1.html). Acesso em: 11 jul. 2024.

QUINTELLA, C. M. *et al.* Maturidade Tecnológica: Níveis de Prontidão TRL. In: RIBEIRO, Núbia Moura. (org.). **PROFNIT – Prospecção Tecnológica**. 1. ed. Salvador, BA: Editora do IFBA, 2019a. v. 2, p. 18-59. Disponível em: [profnit.org.br/wp-content/uploads/2019/02/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-2.pdf](http://profnit.org.br/wp-content/uploads/2019/02/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-2.pdf). Acesso em: 11 jul. 2024.

QUINTELLA, C. M. *et al.* **Valoração de ativos de propriedade intelectual**: conceitos e aplicações de Transferência de Tecnologia. Salvador, BA: Editora do IFBA, 2019b. v. 1, p. 139-178.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, [s.l.], v. 17, p. 48-56, 2016.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Definição e importância das empresas Startups**. 2023a. Disponível em: <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ac/artigos/definicao-e-importancia-das-empresas-startups,e6153e2aa6417810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 19 dez. 2023.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Observatório de startups**. 2023b. Disponível em: <https://observatorio.sebraestartups.com.br/>. Acesso em: 21 dez. 2023.

SEHNEM, Simone; PEREIRA, Susana Carla Farias. Rumo à economia circular: sinergia existente entre as definições conceituais correlatas e apropriação para a literatura brasileira. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, [s.l.], v. 18, n. 1, p. 35-62, 2019.

SILVA, Claudineia R. *et al.* Banana peel as an adsorbent for removing atrazine and ametryne from waters. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 61, n. 10, p. 2.358-2.363, 2013.

SILVEIRA, Denise Tolfo; CÓRDOVA, Fernanda Peixoto. Unidade 2 – A pesquisa científica. **Métodos de pesquisa**, [s.l.], v. 1, p. 31, 2009.

WEB OF SCIENCE. **Resultados de busca**. 2023. Disponível em: <https://www-webofscience.ez106.periodicos.capes.gov.br/wos/woscc/basic-search>. Acesso em: 20 dez. 2023.

## Sobre as Autoras

### Ana Luisa Morais

E-mail: [ana\\_luisaam@hotmail.com](mailto:ana_luisaam@hotmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7463-9902>

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia.

Endereço profissional: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, Centro de Apoio e Desenvolvimento de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. CEP: 70910-900.

### **Isabela Moreira**

*E-mail:* isabem@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5792-1963>

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia.

Endereço profissional: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, Centro de Apoio e Desenvolvimento de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. CEP: 70910-900.

### **Renaide Pimenta**

*E-mail:* renaide.cardoso@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0746-1634>

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia.

Endereço profissional: Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para Inovação, Centro de Apoio e Desenvolvimento de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. CEP: 70910-900.

### **Grace Ferreira Ghesti**

*E-mail:* ghesti.grace@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1043-5748>

Doutora em Química.

Endereço profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química, Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise em Energias Renováveis (LaBCCERva), Brasília, DF. CEP: 70910-900.

# Revisão Bibliométrica e Mapeamento Científico Utilizando o Software Vosviewer® das Espécies *Phyllanthus niruri*, *Lippia alba*, *Carapa guianensis* e *Theobroma cacao*

## Bibliometric Review and Scientific Mapping Using the Vosviewer® Software of the Species *Phyllanthus niruri*, *Lippia alba*, *Carapa guianensis* and *Theobroma cacao*

Siomara Dias da Rocha<sup>1</sup>

Rafael Lima Medeiros<sup>2</sup>

Rosana Zau Mafra<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fundação Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica, Manaus, AM, Brasil

<sup>2</sup>Instituto Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

### Resumo

O projeto interinstitucional intitulado Prospecção e Priorização Técnico-Produtivas para a Integração da Cadeia de Fitoterápicos Amazônicos (PROFitos-BioAM) selecionou quatro espécies de plantas amazônicas com diferentes estágios de desenvolvimento das suas respectivas cadeias produtivas no Estado do Amazonas, Brasil. As espécies selecionadas foram *Phyllanthus niruri* (quebra pedra), *Lippia alba* (erva-cidreira), *Carapa guianensis* (andiroba) e *Theobroma cacao* (cacau). Este estudo apresenta uma revisão bibliométrica e um mapeamento científico das aplicações dessas espécies no desenvolvimento de fitoterápicos. A metodologia empregada foi baseada na utilização do software Vosviewer nas bases científicas Web of Science (WoS), Google Scholar e na base governamental Renuis. Os resultados apontam que a quebra pedra, a erva-cidreira e a andiroba são espécies de plantas com aplicação prioritária e tradicional para fins medicinais e, por esse motivo, apresentam elevados índices de produção científica e patenteamento nas bases consultadas, com forte produção científica brasileira. Já o cacau é uma espécie com produção científica para aplicações fitoterápicas em crescimento, mas com produção científica prioritariamente estrangeira.

Palavras-chave: Bibliometria; Fitoterápicos; Prospecção.

### Abstract

The interinstitutional project, entitled Technical-Productive Prospecting and Prioritization for the Integration of the Amazon Phytotherapeutic Chain (PROFitos-BioAM), has selected four species of Amazonian plants with different stages of development in their respective production chains in the state of Amazonas, Brazil. The selected species are *Phyllanthus niruri*, *Lippia alba*, *Carapa guianensis* (andiroba), and *Theobroma cacao* (cocoa). This study presents a bibliometric review and a scientific mapping of the applications of these species in the development of herbal medicines. The methodology used is based on the utilization of the Vosviewer software in the scientific databases Web of Science (WoS), Google Scholar, and the governmental database Renuis. The results indicate that *Phyllanthus niruri*, *Lippia alba*, and andiroba are plant species with priority and traditional applications for medicinal purposes. Therefore, they demonstrate high rates of scientific production and patenting in the consulted databases, with significant Brazilian scientific contributions. Cocoa is a species with a growing scientific production for phytotherapeutic applications, but its scientific production primarily originates from abroad.

Keywords: Bibliometrics; Phytotherapeutics; Prospection.

Área Tecnológica: Bioprocessos.



# 1 Introdução

A Amazônia é um *hotspot* de biodiversidade com potencial para fornecer matéria-prima para inúmeros medicamentos e tratamentos médicos. Contudo, há uma lacuna de desenvolvimento científico que limita a identificação e o aproveitamento de bioativos de interesse. Santos *et al.* (2019) salientam que na Amazônia é fundamental o registro de saberes sobre plantas medicinais com o propósito de valorizar determinadas espécies e proteger o patrimônio genético.

Até o século XX os povos tradicionais amazônicos utilizavam algumas espécies de plantas para fins medicinais, produzindo seus próprios fitoterápicos. Homma (2020) esclarece que a lista de plantas da biodiversidade utilizadas no passado é superior à lista do presente devido à ausência ou à escassez de medicamentos da época. O autor ainda aponta que pesquisas sobre as plantas utilizadas no passado devem ser prioridade para a descoberta de novos princípios ativos e para que se constitua em alternativa econômica no futuro para os povos tradicionais.

Atualmente, a definição oficial de fitoterápicos estabelece que estes são produtos obtidos de matéria-prima vegetal com finalidade profilática, curativa ou paliativa, incluindo nessa definição todo medicamento fitoterápico e produto tradicional fitoterápico que incorpore conhecimentos tradicionais, científicos e tecnológicos (Cubides; Bonacelli, 2022; Brasil, 2014).

Apesar da disponibilidade de biodiversidade oferecida pela Floresta Amazônica, as cadeias de fitoterápicos nos estados da Região Norte do Brasil enfrentam diversos entraves, como baixa densidade tecnológica dos produtos, dificuldade em atender às exigências de certificação para exportação, baixo grau de maturidade dos sistemas locais de inovação, morosidade da implantação de políticas públicas para essa indústria, logística complexa na Amazônia, acesso limitado à matéria-prima, entre outros (Sousa *et al.*, 2016; Hasenclever *et al.*, 2017).

Nesse contexto, surgiu o projeto interinstitucional intitulado Prospecção e Priorização Técnico-Produtivas para a Integração da Cadeia de Fitoterápicos Amazônicos (PROFitos-BioAM), criado a partir da cooperação entre pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), com o apoio das fundações de amparo à pesquisa dos Estados de São Paulo e do Amazonas, que têm como intuito propor uma metodologia de prospecção e priorização técnico-produtivas para a definição de espécies amazônicas e de bioprodutos a serem estudados (PROFitos-BioAM, 2021).

O PROFitos-BioAM iniciou com uma lista de 33 espécies prioritárias elaborada a partir de consulta às listas produzidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa, 2010) vinculada ao Ministério da Saúde (Macuácu; Pereira, 2023). Entretanto, para operacionalizar os objetivos do projeto, essa lista foi reduzida para apenas quatro espécies, a saber: *Phyllanthus niruri* (quebra pedra), *Theobroma cacao* (cacau), *Lippia alba* (erva-cidreira) e a *Carapa guianensis* (andiroba).

O problema-questão ao qual o presente artigo responde é: como está organizada a rede de produção de conhecimento sobre as espécies selecionadas? Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar por meio de revisão bibliométrica e de mapeamento científico os estudos e as aplicações das espécies *Phyllanthus niruri*, *Theobroma cacao*, *Lippia alba* e *Carapa guianensis* no que tange ao desenvolvimento de fitoterápicos.

## 2 Metodologia

A metodologia aplicada para elaboração deste estudo foi uma abordagem quali-quantitativa, que se caracterizou por uma revisão bibliométrica com mapeamento científico das aplicações dos objetos de estudo, especificamente as espécies de plantas supracitadas.

Os estudos bibliométricos descrevem padrões de publicações dentro de um determinado campo ou corpo de literatura e/ou medem os índices de produção e de disseminação do conhecimento científico, além de complementar as revisões de literatura com uma visão mais objetiva de um campo específico por meio do levantamento de estatísticas e de técnicas de visualização de dados (Tseng *et al.*, 2010; Araújo, 2006; Vogel *et al.*, 2021).

Os dados foram obtidos nas seguintes bases: a) base indexada de publicações científicas: Web of Science (WoS); b) publicações de referências sobre a temática principal: Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (Rennis); e c) publicações na base de dados Google Scholar. Como estratégia, utilizou-se como *string* de busca o nome científico da planta, o operador booleano AND e os termos-chave “*fitoterapic*”, “*herbal medicine*” e “*pharmaceutical*”. Já os dados patentários, foram obtidos nas bases Lens e Derwent. O Lens é uma base que usa diferentes bases de pesquisa de patente, especialmente os escritórios americanos e europeus de patentes. Já a Derwent indexa, entre outras autoridades emissoras de patente, as patentes da WIPO.

Os dados bibliográficos mencionados foram exportados, na forma de arquivo metadados, e tratados com o apoio do *software Vosviewer®* para a elaboração de grafos que representam a rede de colaboração entre autores e a rede de relações entre palavras-chave.

Grafos de relação são objetos que representam a conexão entre uma ou mais variáveis de um trabalho acadêmico e é representada por meio do Nó (a variável em si) e a Aresta (a relação entre variáveis), tal que variáveis podem ser qualquer atributo inerente ao trabalho acadêmico como palavras-chave, corpo do texto, autores, instituições de origem dos autores, país da instituição, entre outros. A relação representa como essas variáveis se relacionam entre si. Exemplo: se um trabalho possui duas palavras-chave: A e B, então o grafo da relação apresentará dois nós (A e B) e uma ligação (aresta) entre eles, visto que aparecem no mesmo trabalho. Ademais, o tamanho do nó (o tamanho físico do círculo no desenho) representa a quantidade de vezes que o termo apareceu em todos os trabalhos analisados. Essa relação é utilizada a partir daqui e replicada nas demais plantas para variáveis diversas: palavras-chave, palavras do título e *abstract*, instituições e países de origem dos autores (Liu *et al.*, 2005; Mena-Chalco *et al.*, 2014).

## 3 Resultados e Discussão

Nesta seção serão mostrados os resultados da revisão bibliométrica e do mapeamento científico para cada espécie estudada e, ao final, a análise comparativa dos achados e uma breve discussão com outros artigos de prospecção.

### 3.1 *Phyllanthus niruri*

A *Phyllanthus niruri* é comumente encontrada nas regiões do território brasileiro, sob os nomes populares de quebra-pedra, erva-pombinha, arrebeta-pedra, entre outros nomes (Calixto *et al.*, 1998; Unander *et al.*, 1990). Pertencente à família Euphorbiaceae, nativa especialmente da Floresta Amazônica e de outras áreas tropicais, a *Phyllanthus niruri* é uma herbácea de 10 a 50 cm de altura, com caule ereto, fino e ramoso, de folhas pequenas e ovais (Silva, 2013).

Na medicina tradicional e popular brasileira, tem sido comumente utilizada para o tratamento de hepatite, diabetes e infecções urinárias e da bexiga, além de outros distúrbios renais como eliminação de pedras nos rins (Silva, 2013). Ademais é considerada promissora para o desenvolvimento de fitoterápicos por causa das evidências farmacológicas relacionadas ao seu uso popular e aos estudos fitoquímicos, botânicos e agrônômicos (Calixto *et al.*, 1998).

Com relação a seu uso fitoterápico, este é comumente utilizado como planta inteira, ou por meio do chá feito a partir da planta. Por outro lado, na Farmacopeia Brasileira, em sua quinta edição, descreve-se que as partes aéreas – as partes de plantas terrestres que ficam acima do solo – como a droga oficial e o ácido gálico são considerados seus principais marcadores químicos (Brasil, 2010). Ademais, o detalhamento das substâncias químicas presentes na espécie é apontado por Silva (2013): hidrocarbonetos – alifáticos, n-octadecano; álcoois, aldeídos, ácidos alifáticos alicíclicos – triacontanol; ácidos carboxílicos simples – ácido gálico; esteróis – beta-sitosterol e 24-isopropicolesterol; flavonóis e flavononas; e fenilpropanoides, entre outros.

A partir da composição química presente em suas folhas, caules e raízes, foram obtidos os perfis cromatográficos e, em especial, a quantificação do ácido gálico (Silva, 2013), demonstrando que as folhas apresentam uma concentração mais elevada do ácido gálico, comparado ao conteúdo de ácido gálico em extratos aquosos de folhas e caules da planta. Por outro lado, o extrato aquoso obtido da combinação de folhas e caules apresentou um prolongamento da ação antialodínica, o que sugere a ocorrência de sinergismo, corroborando o uso das partes aéreas como material de partida para fitoterápicos com fins analgésicos. Esses resultados colaboram com a hipótese do uso benéfico das partes aéreas da planta como material inicial para geração de fitoterápicos para fins analgésicos (Silva, 2013). Sendo assim, o Quadro 1 apresenta alguns dos principais usos da planta supracitada como fitoterápico.

**Quadro 1** – Exemplos de uso da *Phyllanthus niruri* e os principais compostos químicos associados

AUTOR(ES)	Uso	COMPONENTES QUÍMICOS ASSOCIADOS
Guia de saúde e fitoterápicos (Brasil, 2012; Rodrigues, 2022)	Relaxador dos ureteres, promovendo eliminação de cálculos renais e analgesia renal	-
Nisar <i>et al.</i> (2018)	Uso para tratamento de constipação, artrite, parasitológica, proteção cardiovascular, atividade antioxidante, anticâncer e antienvhecimento	Flavonoides, Alcaloides, Terpenos, Lignanas, Polifenóis, Taninos, Cumarinas, Saponinas
Bagalkotkar <i>et al.</i> (2010)	Propriedades terapêuticas incluindo: anti-hepatotóxico, antilítico, anti-hipertensivo, anti-HIV e anti-hepatite B3.	Flavonoides, Alcaloides, Terpenos, Lignanas, Polifenóis, Taninos, Cumarinas, Saponinas

AUTOR(ES)	Uso	COMPONENTES QUÍMICOS ASSOCIADOS
Boim, Heilberg e Schor (2010)	Uso em muitos estágios da formação de pedras, reduzindo a agregação de cristais, modificando sua estrutura e composição.	Triterpenos, Lignanas
Lee <i>et al.</i> (2016)	Propriedades hepatoprotetoras, antivirais, antibacterianas, hipolipidêmicas, hipoglicêmicas, analgésicas, anti-inflamatórias, cardioprotetoras, antiurolitáticas e anti-hiperuricêmicas.	Flavonoides, Terpenos, Lignanas, Taninos
A Fitoterapia no SUS e o programa de pesquisas de plantas medicinais da central de medicamentos (Brasil, 2006)	Possui efeito uricosúrico e eleva a filtração glomerular, o que sugere utilização potencial não só como efeito lítico e/ou preventivo na formação de cálculos urinários, mas também possível utilização em pacientes hiperuricêmicos e pacientes com insuficiência renal	-
Sousa e Firmino (2019)	Uso do chá da planta para tratamento de litíase renal	-

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Como pode ser observado, a atividade de proteção principal da *Phyllanthus* está relacionada ao fato de ela ser rica em flavonoides, taninos, terpenos, entre outros, que são associados às atividades antioxidantes (Lee *et al.*, 2016). Além disso, outros componentes como a filantina e a hipofilantina já foram associados à proteção contra hepatotoxicidade induzida pelo tetracloreto de carbono e pela galactosamina em ratos (Lee *et al.*, 2016). Ademais, a planta é associada como agente de eliminação de óxido nítrico, o que é observado como responsável pela produção de compostos intermediários que estão associados à genotoxicidade (Bhattacharjee; Sil, 2007).

Embora os mecanismos de como funciona a atividade antioxidante não sejam totalmente conhecidos (Lee *et al.*, 2016), os estudos apresentados apontam para a aplicação da *Phyllanthus niruri* como parte do apoio e do tratamento como fitoterápico. O Sistema Único de Saúde (SUS), por meio do Parecer Técnico n. 08186/83, instituiu a planta como parte do programa Farmácias-Vivas (Brasil, 2006), e, a partir de um estudo clínico com pessoas submetidas ao chá da planta (na dosagem 20g/500 mL de água diariamente), atestou-se a eliminação de cálculo das vias urinárias com a consequente diminuição da hematúria, além da excreção de ácido úrico. Nos demais pacientes clínicos, houve uma melhora dos sintomas com ausência das cólicas e sem alterações urinárias.

De acordo com Souza e Firmino (2019), cerca de 85% dos casos de infecção urinária e problemas relacionados são de origem bacteriana, e, como evidenciado por Silva *et al.* (2010), a *Phyllanthus* tem resultado positivo em ações antimicrobianas. Além disso, Boim, Heilberg e Schor (2010) evidenciaram a atividade antiespasmódica relacionada à planta, o que permitiria facilitar a eliminação de cálculos no ureter devido ao relaxamento do músculo liso e posterior eliminação do cálculo. Por fim, ressalta-se que existem vários benefícios de promoção à saúde e redução de custos financeiros para a população que consome essa planta (Souza; Firmino, 2019).

Markom *et al.* (2010) utilizaram as propriedades do ácido gálico, da corilagina e do ácido elágico, a partir da quantificação, para encapsular HEPAR-P, um produto que contém extratos

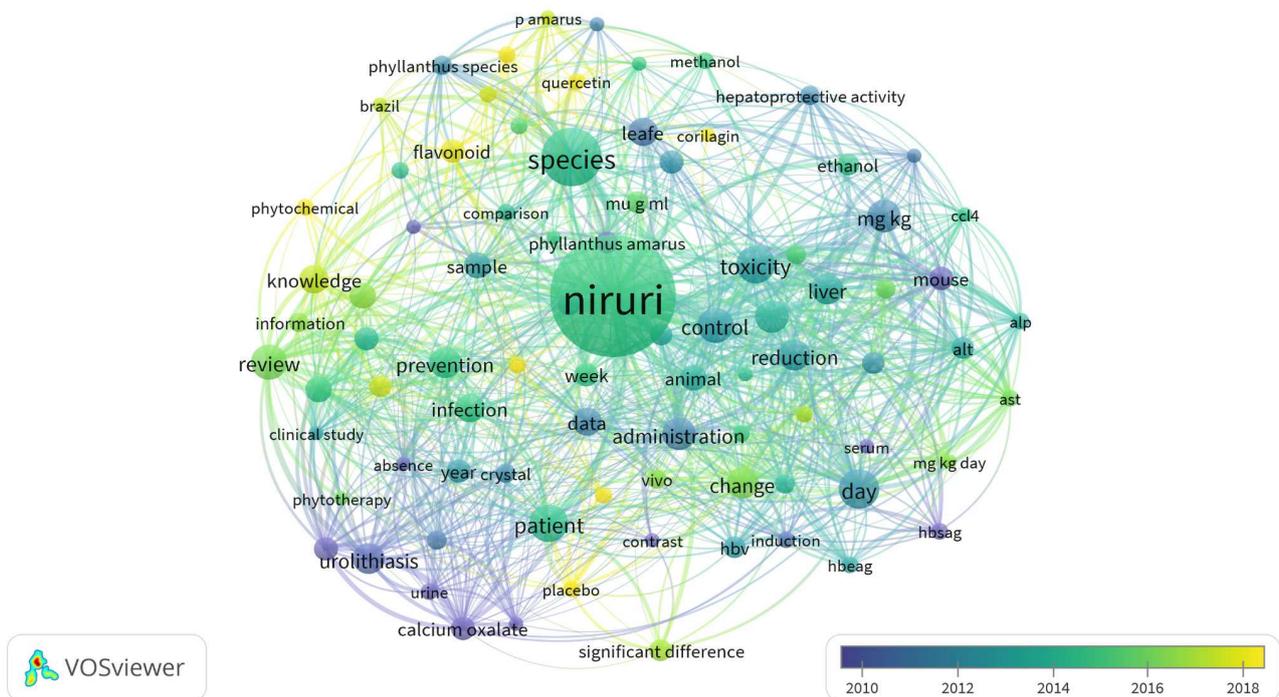
padronizados da planta *P. niruri*, produzido a partir de extração por solvente com sequência de etapas de purificação cromatográfica industrial, demonstrando a capacidade de geração de fármacos e de fitoterápicos a partir da planta.

Além disso, patentes apresentam métodos de produção de extratos de *P. niruri*, entre as quais, uma descreve extrato hidroalcolólico fracionado por cromatografia de permeação em gel com resina polimérica não iônica de 100 kD, para o tratamento de antienvhecimento da pele, redução de inflamação ou para clareamento da pele (Garay *et al.*, 2011; Simarna *et al.*, 2011).

Outras patentes incluem até a preparação farmacêutica a partir da fração metanólica obtida por partição líquido-líquido do extrato hexânico da planta e seu uso em pacientes com vírus da Hepatite B pelo Fox Chase Cancer Center. Por outro lado, Ott e Manns (2004) obtiveram patente de uso de múltiplas substâncias da *Phyllanthus* como taninos, lignanas, triterpenos e glicosídeos cianogênicos para tratamento ou prevenção de infecções da Hepatite.

Pela análise bibliográfica, Figura 1, pode-se notar que há uma maior quantidade de trabalhos científicos que citam o uso da *P. niruri* para fins fitoterápicos em comparação com as demais plantas analisadas neste estudo. A produção científica sobre a espécie divide-se, principalmente, em três grandes grupos: i) o grupo relacionado ao tratamento de pedras nos rins (urolithiasis) e à fitoterapia; ii) o grupo de estudo dos ácidos gálicos; e iii) o grupo de pesquisas sobre a toxicidade relacionada à hepatite (hbv e hbeag).

**Figura 1** – Grafo de relação de palavras-chave encontradas nos trabalhos com *Phyllanthus Niruri*



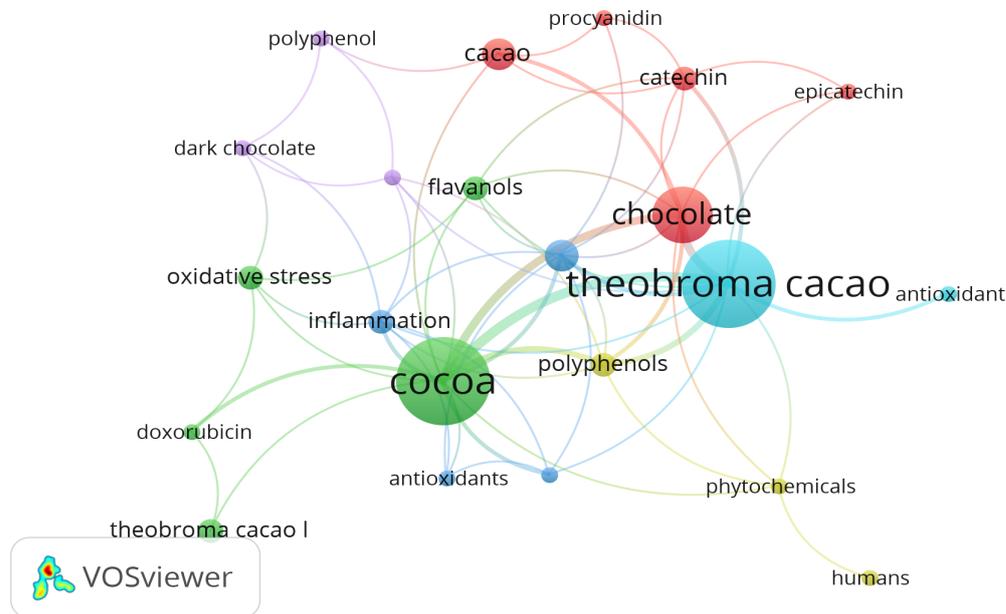
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Em relação à quantidade de trabalhos por autor/país, nota-se um uso maior em estudos dessa planta em países africanos e na Índia (34), com o dobro de trabalhos encontrados do que os autores do Brasil (17), como pode ser visto na Figura 2. E, embora várias universidades brasileiras estejam entre as que mais produziram pesquisa relacionando fitoterápico com quebra-pedra,



utilizado como apoio em tratamentos de tumores severos devido às suas características e à composição química de combate e seleção antimicrobiana e antifúngica (Mu'nisa *et al.*, 2018; Dogbey *et al.*, 2020).

**Figura 3** – Grafo de relação entre as palavras-chave encontradas nos trabalhos com *Theobroma Cacao*



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

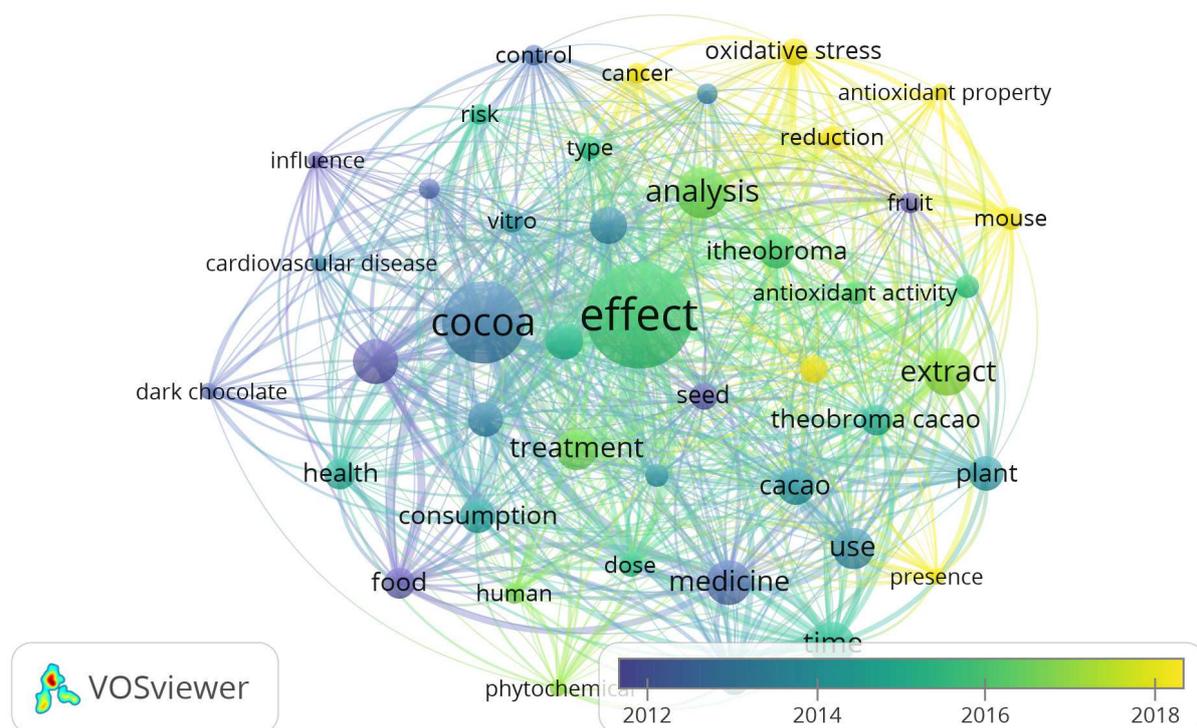
Isso por si só já evidencia a importância dos compostos presentes no cacau. Produtos do cacau ricos em flavonoides são geralmente conectados com grandes concentrações de flavon-3-óis, principalmente (-)-epicatequina e (+)-catequina. Outros compostos fenólicos, que também podem ser encontrados nas sementes de cacau são antocianinas (cianidina-3-O-arabinosídeo e cianidina-3-Ogalactosídeo), bem como flavonóis (quercetina aglicona e seus glicosídeos), flavonas, fenóis (clovamida e desoxiclovamida), ácidos fenólicos e derivados de estilbenos hidroxilados (trans-resveratrol e trans-piceide). Tais componentes, como os flavonoides, estão associados à redução de oxidação do colesterol LDL e à diminuição da produção de moléculas pró-trombóticas e pró-ateroscleróticas e, conseqüentemente, à progressão de lesões ateroscleróticas iniciais, altamente relacionadas à saúde endotelial e à saúde cardiovascular (Lagoas, 2017).

Isso corrobora com estudos anteriores relacionados ao uso do cacau para fitoterapia, visto que Latham *et al.* (2014) constataram que a população das ilhas de San Blas, no Panamá, após o consumo médio de 240ml de cacau não processado por dia, rico em flavonoides (~900mg/dia), não apresentava declínio significativo de funções renais e nem registros por morte relacionadas a doenças cardiovasculares e que os valores de pressão eram significativamente menores, quando comparados à população geral, que consome cinco vezes menos cacau não processado. Um exemplo da atuação do cacau na saúde vascular é que o consumo dos flavonoides do cacau aumenta a síntese do óxido nítrico, prevenindo a adesão e a migração leucocitária, a proliferação das células de músculo liso e da adesão e agregação plaquetária (Jumar; Schmieder, 2016).

Pesquisas anteriores se concentram nas análises dos componentes químicos específicos supracitados. Além disso, vários estudos epidemiológicos associaram o consumo de cacau

rico em flavanol a uma gama de efeitos biológicos, como atividades anti-inflamatórias, antiateroscleróticas e antiagregação plaquetária, melhoria da sensibilidade à insulina, bem como modulação da pressão arterial e da função imunitária (Katz *et al.*, 2011). Isso é corroborado pela análise das palavras encontradas nos títulos e *abstracts* dos trabalhos encontrados na WoS, como demonstrado na Figura 4, no qual o tratamento, o consumo e o efeito estão relacionados ao tratamento de doenças vasculares, por meio da correlação negativa do consumo de flavonoides e de doenças coronárias (Knekt *et al.*, 1996), atividades antioxidantes, derrames (Keli *et al.*, 1996) e apoio no tratamento ao câncer.

**Figura 4** – Grafo de relação entre as palavras-chave encontradas nos trabalhos com cacau por ano



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Também é documentada a importância do cacau no tratamento e no efeito de flavonóis do cacau em indivíduos obesos para melhoria de funções cardiovasculares associadas aos exercícios físicos, no qual é demonstrado que a função endotelial aumenta significativamente após horas da ingestão de bebida rica em flavonóis do cacau, demonstrando o efeito benéfico e duradouro do cacau na função endotelial, sendo estes detectados até 12 horas após a ingestão (Davison *et al.*, 2008). Adicionalmente, são encontrados estudos relatando o efeito benéfico do cacau no metabolismo da glicose, que inclui a diminuição da resistência à insulina, sendo benéfico para mitigar ou evitar problemas como hiperglicemia, diminuição da tolerância à glicose, hipertensão, entre outros (Grassi *et al.*, 2015). Contudo, os mecanismos envolvidos nos processos do cacau no metabolismo da glicose e sob a função endotelial ainda não estão totalmente esclarecidos (Lagoas, 2017).

Por outro lado, as capacidades antioxidantes podem variar de acordo com a espécie de cacau utilizada, especialmente as híbridas, como demonstrado na pesquisa de Jonfia-Essien *et al.* (2008), na qual os autores reportaram que as espécies híbridas HV1, HV2 e HV3 encontradas especialmente na região amazônica têm maior atividade antioxidante do que as espécies

tradicionais, que também crescem na região, sob as mesmas condições climáticas. Finalmente, descreve-se que o conteúdo de polifenóis e as atividades antioxidantes das sementes do cacau, especificamente no conteúdo fenólico, são altamente dependentes da região geográfica do cultivo, a depender também do desempenho em extração aquosa ou etanólica (Othman *et al.*, 2007).

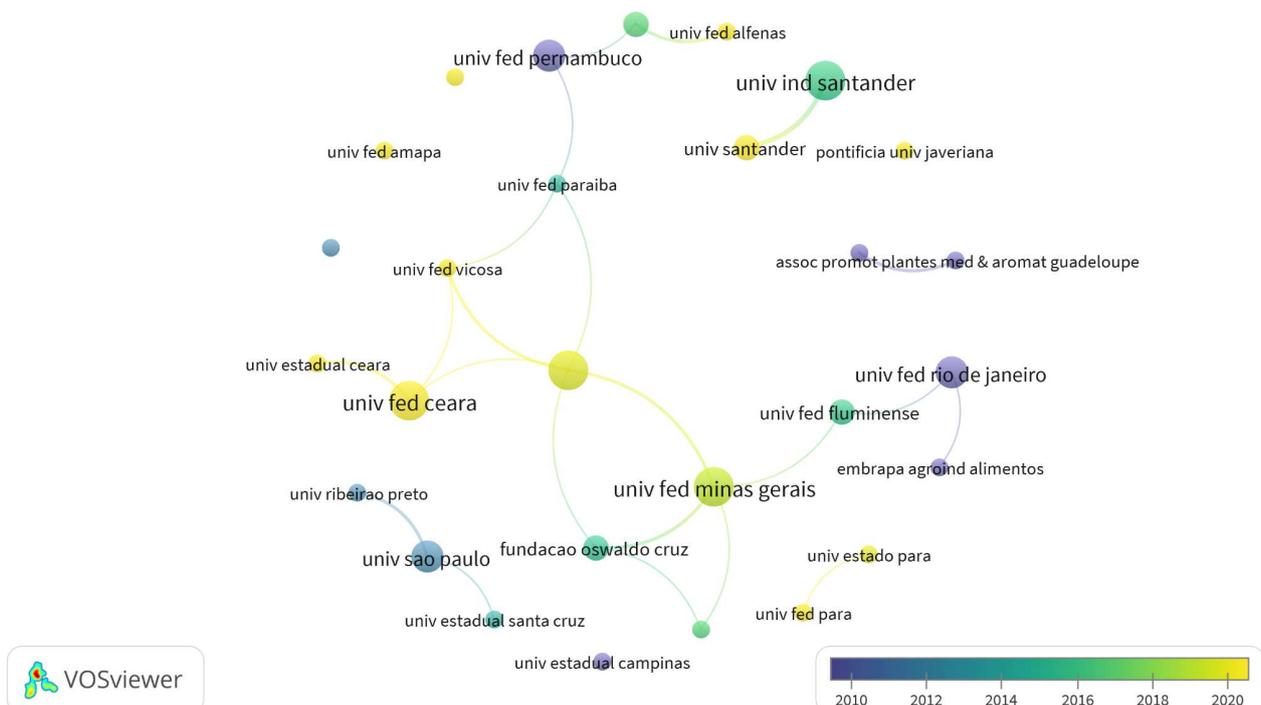
De modo complementar, efeitos adversos do cacau são considerados e documentados como: arritmias, perturbação do sono, náuseas, alterações intestinais e níveis elevados de glicose no sangue (Lagoas, 2017; Haber; Gallus, 2012).

Ao analisar as patentes, foram encontradas poucas que descrevem ou utilizam processos químicos para criação de fitoterápicos. Roozbiany (2021) descreveu um processo químico para extração de extrato de cacau para fins farmacêuticos e cosméticos para alcançar uma precisão de extração. Leone-bay e Wesner (2019) investigaram uma patente para criação de um composto oral que utiliza alguns dos compostos presentes no cacau como catequina para tratamento de sintomas de doenças gastrointestinais e transtornos com ansiedade, anorexia, desordem do sono, entre outros.

### 3.3 *Lippia alba*

A *Lippia alba*, também conhecida como erva-cidreira, é uma planta comumente encontrada na região brasileira e bastante utilizada na medicina popular, podendo ser preparada à base de suas folhas na forma de chás, compressas, maceração, banho, extrato alcoólico, xarope e tintura (Camillo, 2016). Não obstante, o número de trabalhos encontrados foi maior nas instituições brasileiras nos últimos 10 anos, como apresentado na Figura 5. A concentração de estudos sobre a espécie em questão em instituições brasileiras se deve principalmente ao fato de que grande parte da distribuição da erva-cidreira se encontra na região da América do Sul, em especial no Brasil (Malik *et al.*, 2021).

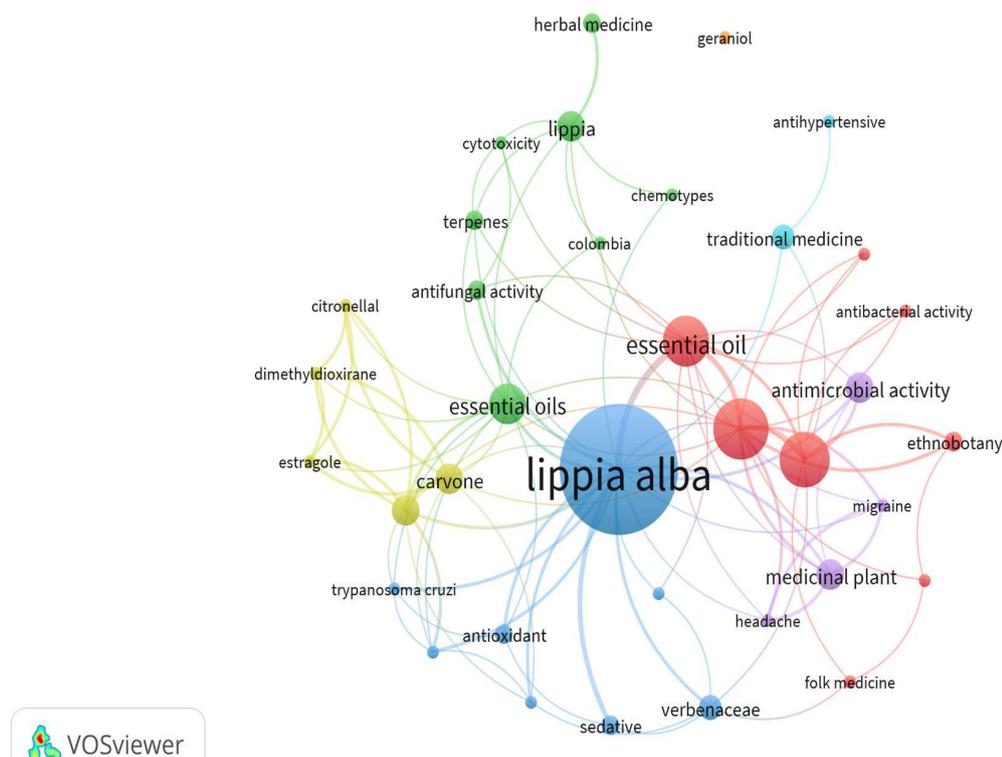
**Figura 5** – Grafo de relação entre as instituições com mais trabalhos com *Lippia alba* por ano



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Em relação ao seu uso como fitoterápico, o gráfico de correlação entre palavras-chave mostra um dos seus principais métodos de uso por meio da produção dos óleos essenciais, principalmente utilizando o método de destilação a vapor, como se pode observar na Figura 6. No território brasileiro, Camillo (2016) cita seu uso como analgésico, antipirético, anti-inflamatório, calmante e antiespasmódico, conforme evidenciado pelas palavras-chave: *antimicrobial activity*, *trypanosoma cruzi* (o protozoário da Doença de Chagas), *antioxidant*.

**Figura 6** – Grafo de relação entre as palavras-chave encontradas nos trabalhos com *Lippia alba*



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Na *Lippia alba*, os ativos de interesse para produção de óleos essenciais estão presentes, principalmente, nos tricomas glandulares e tectores em todo mesófilo no parênquima da nervura principal e ao redor do sistema vascular na nervura, como indicam estudos realizados no Rio de Janeiro por Ventrella (2000). Outros metabólitos secundários como terpenoides podem ser encontrados na planta, controlando os danos oxidativos e as atividades antimicrobianas (Cardoso, 2016). Além disso, a composição química e a concentração de compostos no óleo essencial dependem de: controle genético e estímulos em resposta aos diferentes fatores de clima, solo e tempo. Isso torna a variabilidade dos tipos e compostos químicos relevante, pois, como fitoterápico, ele pode não atingir o objetivo terapêutico (Cardoso, 2016).

Entre tais componentes, destaca-se o citral – cuja variabilidade de ocorrência pode passar de 50% – uma mistura de dois isômeros que são relacionados a atividades antiespasmódica e anti-inflamatória (Ponce-Monter *et al.*, 2010), sedativa (Vale *et al.*, 2002), efeitos antinociceptivos (Cunha *et al.*, 2010) e atividade analgésica (Cardoso, 2016). Tais propriedades demonstraram ser eficazes por meio da preparação via folhas ou raízes para o tratamento de problemas estomacais, cefaleia, gripes, resfriados, propriedades calmantes, insônia, dores de cabeça e hipertensão (Cardoso, 2016). Além disso, por meio da preparação de chás ou macerada, em

compressas e dissolvida na água de tomar banhos, a cidreira mantém propriedades como: antipirética, anti-inflamatória, diaforética e analgésica (Cardoso, 2016). Isso corrobora outras das principais palavras-chave levantadas na Figura 6 como dores de cabeça (*headache*), atividade antifúngica e atividade antimicrobiana.

No Parecer Técnico do processo n. 456/85 do Programa de Pesquisas de Plantas Mediciniais (PPPM), o Programa Nacional de Plantas Mediciniais e Fitoterápicos (PNPMF) do Ministério da Saúde (Brasil, 2006) avaliou que a *Lippia alba*, por meio de um extrato aquoso, é desprovida de atividade significativa em nível de sistema nervoso central, ou seja, não havia influência sobre o comportamento dos animais que justificasse o propalado efeito terapêutico dessa espécie. Além disso, em doses mais elevadas (200mg/kg), foram observados nítidos efeitos tóxicos, o que desencoraja a utilização de preparação dessa espécie para fins terapêuticos, corroborando com os resultados de variabilidade em (Cardoso, 2016).

Embora fora da lista das plantas medicinais potenciais para uso do SUS, como aponta o Rénisus (2009), a planta apresenta quimiotipos e marcadores químicos com propriedades farmacológicas como analgésicos, ansiolíticos, sedativos e antimicrobianos, conforme apontado por Camillo (2016). Isso se deve à presença de três grupos químicos distintos: terpenos, os fenólicos (flavonoides, lignanas, taninos) e os alcaloides (Vizzotto *et al.*, 2010). Por outro lado, a quantidade e a presença desses grupos podem variar de acordo com a metodologia utilizada para extração e análise.

As atividades sedativas e de relaxamento muscular foram comprovadas em camundongos a partir da partição líquida das folhas em etanol 80% (Zelota *et al.*, 2002). Pascual *et al.* (2001) observaram uma atividade de proteção da mucosa gástrica (antiulcerogênica) a partir do tratamento via oral com infusão das folhas da planta na dose de 12,5 g da planta seca por quilo, causando prevenção da ulceração sem modificação do pH gástrico e da acidez total. A espécie também apresentou atividade antifúngica para cepas de *Candida krusei*, um tipo de fungo resistente natural ao fluconazol, um agente antifúngico padrão, por meio do extrato hidroalcoólico das suas folhas (Holtez *et al.*, 2002).

### 3.4 *Carapa guianensis*

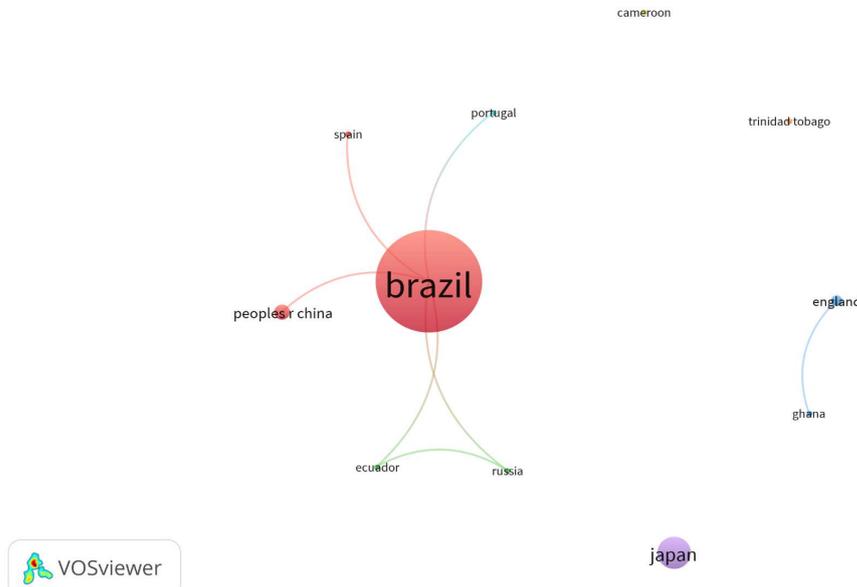
Membro da família *Meliaceae*, amplamente utilizada na medicina popular brasileira e da Amazônia, a andiroba (*Carapa Guianensis*) contém alcaloides, terpenoides e, em especial, limonoides, conhecidos pelo amplo espectro de atividades biológicas, ações anti-inflamatória e até mesmo inseticidas (Silva *et al.*, 2023).

A andiroba é uma árvore de grande porte que cresce próxima aos leitos dos rios na bacia amazônica e é de suas sementes que é extraído o conhecido óleo da andiroba, sua principal parte utilizada com fim farmacêutico ou fitoterápico. A cadeia produtiva da andiroba é complexa e envolve diversos atores. Ademais, o estudo da cadeia produtiva da andiroba no território do Pará (Andreola *et al.*, 2023) revelou que a atividade de coleta/extração do óleo da andiroba auxilia no complemento de renda principal das famílias ribeirinhas nessas regiões.

A extração do óleo é constituída em três fases: colheita do fruto próximo ao rio, preparo da massa e extração da massa a partir do seu amassamento e da filtragem com pano fino. Além disso, destaca-se que o óleo pode ser obtido também por meio da extração a frio das folhas secas e trituradas, maceradas em DCM e MeOH, e por meio da hidrodestilação das folhas (Brasil,

2021). A andiroba faz parte do Rénisus e é um dos produtos medicinais da floresta amazônica mais vendido. Durante a fase de levantamento bibliográfico, constatou-se que grande parte dos trabalhos científicos sobre a espécie é brasileira, como mostra a Figura 7.

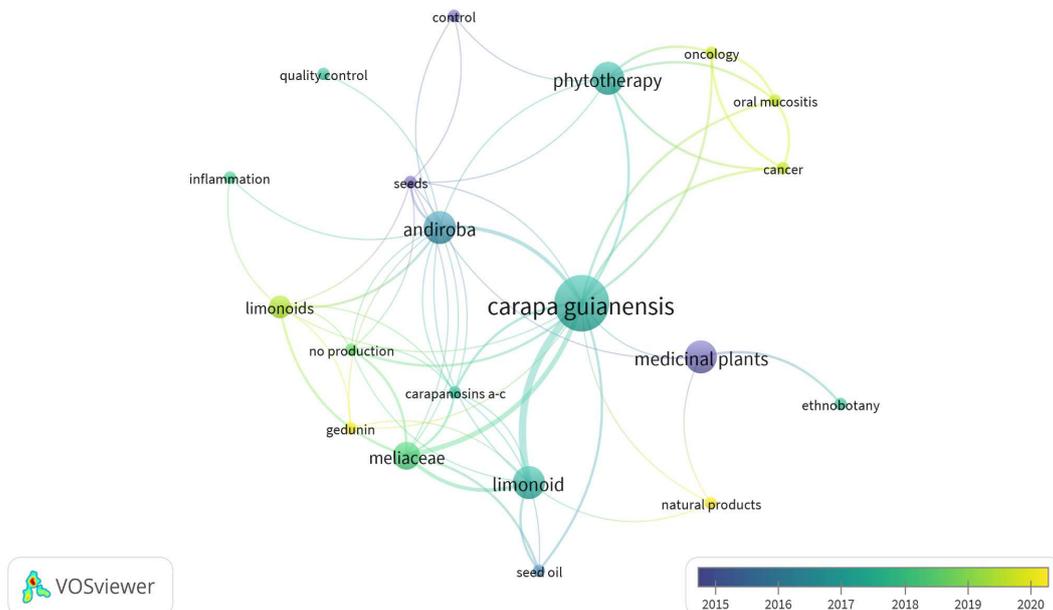
**Figura 7** – Grafo de relação entre os países com mais trabalhos com andiroba



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Figura 8 apresenta a análise das palavras-chave, assim é possível notar a mudança do uso da planta para fins terapêuticos em crianças em fase de quimioterapia por meio do tratamento da mucosite oral e outras complicações relacionadas ao câncer nos últimos cinco anos. Apesar de ser uma tendência, a quantidade de estudos publicados na Web of Science ainda é pequena para confirmar o intensivo da Andiroba para esses fins.

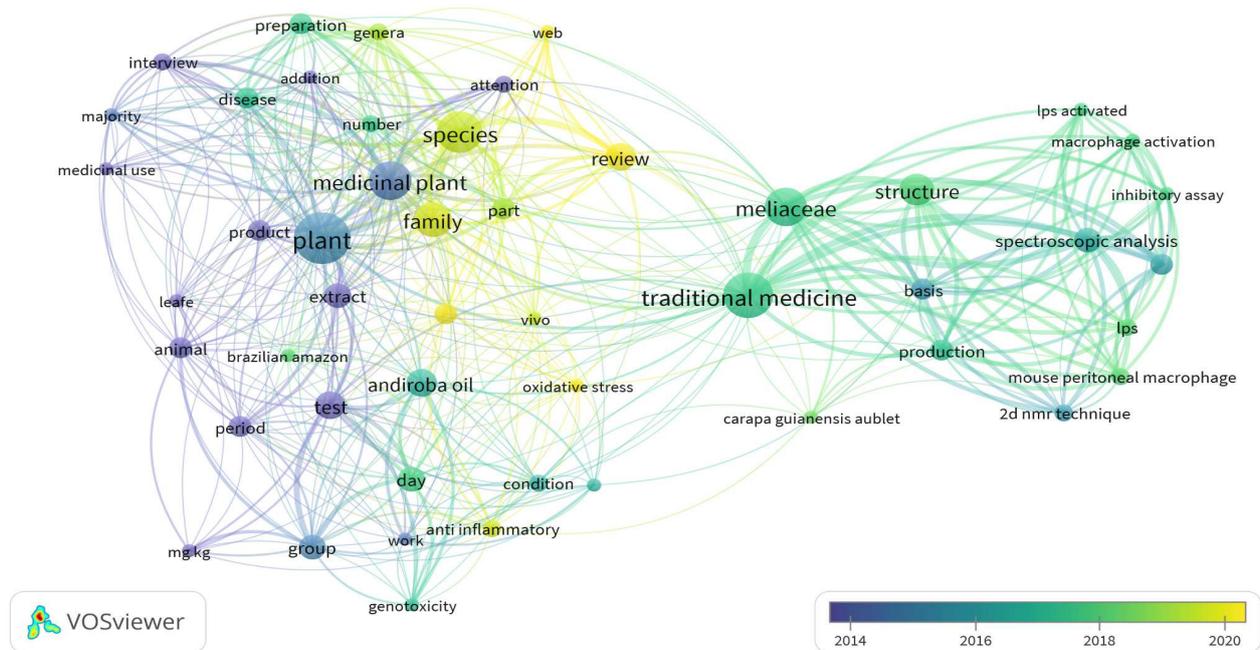
**Figura 8** – Grafo de relação entre as palavras-chave encontradas nos trabalhos com andiroba por ano



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

A partir do grafo de interação da Figura 9 entre palavras encontradas no corpo do título e *abstract*, é possível notar também os usos diversos para a andiroba entre os trabalhos analisados na literatura, como: estresse oxidativo associado às fraquezas no sistema de defesa antioxidante, anti-inflamatório, e métodos e técnicas relacionados à sua ativação e produção.

**Figura 9** – Grafo de relação entre as palavras encontradas nos títulos e *abstracts* dos trabalhos com andiroba por ano



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Tais usos são associados a um conjunto de componentes químicos que estão presentes nos derivados dos óleos essenciais produzidos a partir da andiroba. Grande parte dos possíveis extratos da andiroba pode ser encontrada em alcaloides, taninos e saponinas. Com foco no extrato alcoólico das folhas e das cascas, com presença das saponinas, classe importante dos triterpenos de forte ação contra microrganismos, entende-se que suas principais contribuições são destacadas na literatura científica como atividade hemolítica, anti-inflamatória, antimicrobiana e antiviral que são fortemente associadas às principais plantas usadas na medicina tradicional (Fernandes, 2019). Por outro lado, observa-se a presença também de alcaloides e limonoides no óleo essencial da andiroba, esse óleo é encontrado em outras plantas medicinais com aplicações como antitumorais, antifúngicas, bactericidas e antivirais, devido às suas propriedades bioativas, encontradas principalmente em plantas medicinais de regiões tropicais (Cardoso, 2018). Por fim, tais estudos fitoquímicos revelam que a andiroba pode apresentar diferentes propriedades químicas com potencial medicinal, dependendo do tipo de extração e das partes da planta utilizadas para extração, sobretudo nos extratos alcoólicos das folhas e das cascas e no óleo.

### 3.5 Síntese dos Resultados

Embora o objetivo deste estudo não seja realizar uma comparação entre as espécies estudadas, o Quadro 2 apresenta uma síntese dos resultados encontrados na revisão bibliométrica e no mapeamento científico apresentados nas seções anteriores.

**Quadro 2** – Resumo do principal uso das plantas como fitoterápicos, suas partes mais utilizadas, o processo de fabricação e a quantidade de trabalhos no período de 10 anos

PLANTA	INDICAÇÃO	PARTES DA PLANTA UTILIZADAS	MÉTODOS DE EXTRAÇÃO E FABRICAÇÃO DE FITOTERÁPICOS	TRABALHOS ENCONTRADOS NA WoS	PATENTES NA DERWENT	PATENTES NA LENS
<i>Phyllanthus niruri</i>	Distúrbios renais, hepáticos, anti-inflamatório	Partes aéreas e raízes	Infusão, decocção; extração aquosa de compostos ativos por solventes	114	4	63
<i>Theobroma cacao</i>	Propriedades antioxidantes, cardiovasculares	Sementes (amêndoas)	Fermentação, secagem, torrefação; extração de antioxidantes	54	203	516
<i>Lippia alba</i>	Calmante, digestiva	Folhas	Destilação a vapor para obtenção de óleos essenciais	74	9	27
<i>Carapa guianensis</i>	Anti-inflamatório, cicatrizante	Sementes	Prensagem a frio para extração de óleo	39	13	19

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Na base da Lens, a *Phyllanthus niruri*, por exemplo, é muito citada fora do Brasil. Contudo, os resultados diferem e muito da Derwent, fato que corrobora com o estudo prospectivo de Alves, Soares e Freitas (2021), quando os autores apontam que há um interesse global de diferentes setores industriais, instituições de pesquisas e centros acadêmicos no desenvolvimento científico e na proteção tecnológica de produtos e processos relacionados à *P. niruri*, porém, o Brasil possui baixa participação no desenvolvimento tecnológico envolvendo essa planta. O presente artigo adiciona ao panorama apontado pelos autores informações relativas às aplicações e às instituições produtoras de conhecimento sobre a espécie.

O *Theobroma cacao* é uma espécie com múltiplos estudos prospectivos para aplicação nas indústrias alimentícias e cosméticas (Reis *et al.*, 2024; Reis; Pereira, 2023; Silveira *et al.*, 2018). Os estudos anteriores utilizaram bases de patentes distintas (Orbit Intelligence, Espacenet® e INPI) e enfatizaram a proteção ou o desenvolvimento de produtos derivados do cacau com propriedades bioativas. Nesses estudos, foi percebida uma queda de produção tecnológica nos últimos anos a partir dessa espécie, o que sugere o direcionamento da indústria para outras espécies menos exploradas. O presente estudo apresenta uma vertente diferente para o uso do cacau, o desenvolvimento e a produção de fitoterápicos, nesse caso, uma tendência crescente.

Quanto à andiroba, Carvalho *et al.* (2019) encontraram apenas seis patentes em três bases voltadas para o uso das propriedades anti-inflamatórias da espécie. Considerando os dados do Quadro 2, percebe-se que é a espécie entre as quatro estudadas com menor número total de patentes e trabalhos científicos, apesar da vasta aplicação na medicina popular. Esse resultado sugere que a espécie é uma alternativa potencial para receber mais atenção no desenvolvimento tecnológico de fitoterápicos.

A *Phyllanthus niruri* (quebra pedra), a *Lippia alba* (erva-cidreira) e a *Carapa guianensis* (andiroba) são espécies de plantas com aplicação prioritária e tradicional para fins medicinais e, por esse motivo, apresentam elevados índices de produção científica. Já o *Theobroma cacao* (cacau) é uma espécie fortemente utilizada na indústria alimentícia, e suas aplicações fitoterápicas são emergentes com forte acúmulo de trabalhos referenciando atividades antioxidantes, pesquisas sobre câncer, experimentos em ratos e estresse oxidativo. Ademais, encontra-se uma tendência na indústria alimentícia de buscar o desenvolvimento de alimentos funcionais ou nutracêuticos a partir da fruta, como após a ingestão da bebida feita a partir do extrato ou por meio do consumo do chocolate negro (*dark chocolate*), rico em flavonóis, além de benéfica no metabolismo da glucose (Leyva-Soto *et al.*, 2018; Latham *et al.*, 2014).

Os resultados mostram que, com exceção da *Phyllanthus niruri* e do cacau, as instituições brasileiras lideram os estudos sobre as aplicações dessas espécies para produção de fitoterápicos e de pesquisas com a medicina tradicional, não havendo uma predominância de estudos realizados por instituições da Amazônia. Por outro lado, embora haja predominância de estudos brasileiros nas plantas *Carapa guianensis* e na planta *Lippia alba*, ainda há um número muito baixo de pesquisas de alto impacto com relação a essas duas plantas, demonstrando o potencial de estudos ainda a serem explorados. Por fim, no que tange às técnicas de produção de fitoterápicos, há uma variação da complexidade e das técnicas ainda pouco exploradas, especialmente na *Carapa guianensis* e *Lippia alba*, para extração dos compostos ativos que devem ser preservados, a depender também da parte da planta utilizada. O que pode impactar nas atividades de interesse que se deseja alcançar como atividade microbiana, antiviral e/ou antioxidante com essas plantas.

## 4 Considerações Finais

Tendo como pano de fundo o projeto PROFitos-BioAM, o presente artigo realizou uma revisão bibliométrica e um mapeamento científico das aplicações das espécies quebra pedra, erva-cidreira, andiroba e cacau para produção de fitoterápicos. Para tanto, foi utilizado o *software* Vosviewer nas bases científicas Web of Science (WoS), Google Scholar e na base governamental Renisus. Foram ainda utilizadas as bases de Patentes Lens e Derwent.

Os resultados apontam que a quebra pedra, a erva-cidreira e a andiroba são espécies de plantas com aplicação prioritária e tradicional para fins medicinais e, por esse motivo, apresentam elevados índices de produção científica, com forte produção brasileira. Em relação às patentes, a *Phyllanthus niruri* é a espécie com maior presença de proteção do desenvolvimento de produtos, enquanto a Andiroba, apesar da sua vasta aplicação na medicina popular, possui volume de patentes mais discreto, conforme preconizado em estudos anteriores. As três espécies supracitadas possuem em comum propriedades anti-inflamatórias e são usadas para tratar doenças de diversas naturezas, como problemas renais, digestivos e do trato respiratório.

Já o cacau é uma espécie com forte aplicação na indústria alimentícia, sendo assim, a produção científica para aplicações fitoterápicas está em crescimento devido à busca por desenvolver produtos alimentares com caráter funcional, os chamados nutracêuticos. A produção científica sobre o cacau é prioritariamente estrangeira, pois os grandes *players* do setor alimentício são empresas americanas ou europeias.

Sendo a produção de fitoterápicos uma alternativa relevante para a economia dos estados da Amazônia brasileira e para os povos tradicionais, os resultados demonstram que pouco conhecimento científico é produzido na região para melhorar os entraves relacionados às cadeias de fitoterápicos apontados por Sousa *et al.* (2016) e Hasenclever *et al.* (2017).

## 5 Perspectivas Futuras

As quatro espécies analisadas no presente estudo são apenas quatro exemplos da extensa biodiversidade amazônica e da cadeia de fitoterápicos no estado do Amazonas, portanto, é necessária a realização de estudos prospectivos futuros análogos a este, tendo como objeto outras espécies relevantes, visando à formulação de políticas públicas e estratégias de priorização de espécies com maior grau de maturidade de desenvolvimento tecnológico para produção de bioprodutos regionais. O presente estudo abre a perspectiva de desenvolver políticas públicas direcionadas para o mapeamento e o investimento em desenvolvimento tecnológico de espécies com maior grau de maturidade de conhecimento científico.

## Referências

- ALVES, M. C.; SOARES, J. K. B.; FREITAS, J. C. R. Inovação e produção científica acerca da *Phyllanthus niruri* Linn.: uma análise prospectiva. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 1, p. 223-223, 2021.
- ANDREOLA, J. F. *et al.* Estudo da cadeia produtiva da andiroba na perspectiva de um arranjo produtivo sustentável, responsável, inclusivo e viável economicamente. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, [s.l.], v. 19, n. 1, p. 1-20, 2023.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Farmacopeia Brasileira**. 5. ed. Brasília, DF: Anvisa, 2010. v. 1-2.
- ARAÚJO, C. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.
- BAGALKOTKAR, G. *et al.* Phytochemicals from *Phyllanthus niruri* Linn. and their pharmacological properties: a review. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, [s.l.], v. 58, n. 12, p. 1.559-1.570, 2006.
- BHATTACHARJEE, R.; SIL, P. C. Protein isolate from the herb, *Phyllanthus niruri* L. (Euphorbiaceae), plays hepatoprotective role against carbon tetrachloride induced liver damage via its antioxidant properties. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 45, n. 5, p. 817-826, 2007.
- BOIM, M. A.; HEILBERG, I. P.; SCHOR, N. *Phyllanthus niruri* as a promising alternative treatment for nephrolithiasis. **International Braz. J. Urol.**, [s.l.], v. 36, p. 657-664, 2010.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n. 26, de 13 de maio de 2014. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2014. 34p. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026\\_13\\_05\\_2014.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2014/rdc0026_13_05_2014.pdf). Acesso em: 6 mar. 2021.

- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. **A fitoterapia no SUS e o Programa de Pesquisa de Plantas Medicinais da Central de Medicamentos**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006. 148p. (Série B. Textos Básicos de Saúde) ISBN 85-334-1187 [Online]. Disponível em: [https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/fitoterapia\\_no\\_sus.pdf](https://bvsmis.saude.gov.br/bvsmis/publicacoes/fitoterapia_no_sus.pdf). Acesso em: 30 jan. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde. Departamento de Assistência Farmacêutica e Insumos Estratégicos. **Informações Sistematizadas da Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS: Carapa guianensis Aubl. Meliaceae – Andiroba**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2021.
- BRASIL. **Portaria SESA/CE n. 275 de 20/03/2012**. Promulga a relação estadual de plantas medicinais (REPLAME) e dá outras providências. Disponível em: [https://www.saude.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/9/2020/03/Relacao\\_estadual\\_de\\_plantas\\_medicinais\\_20212008.docx.pdf](https://www.saude.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/9/2020/03/Relacao_estadual_de_plantas_medicinais_20212008.docx.pdf). Acesso em: 30 jan. 2024.
- CALIXTO, J. B. *et al.* A review of the plants of the genus *Phyllanthus*: their chemistry, pharmacology, and therapeutic potential. **Medicinal Research Reviews**, [s.l.], v.18, n. 4, p. 225-258, 1998.
- CAMILLO, F. *Lippia alba* (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson uma espécie nativa promissora para a introdução em programas nacionais de plantas medicinais e fitoterápicos. **Revista Fitos**, [s.l.], v. 10, p. 21-27, 2016.
- CARDOSO, J. C. S. **Estudo fitoquímico do extrato hexânico das folhas de mogno (*Swietenia macrophylla king*)**. 2018. 43f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) – Faculdade de Química, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.
- CARDOSO, R. S. **Desenvolvimento de técnicas farmacêuticas para obtenção da droga vegetal a partir das folhas de erva-cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown) quimiotipo II**. 2016. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Fortaleza, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/21570/1/2016\\_dis\\_rscardoso.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/21570/1/2016_dis_rscardoso.pdf). Acesso em: 30 jan. 2024.
- CARVALHO, S. B. A. *et al.* Estudo em bases de patentes sobre a andiroba e suas propriedades anti-inflamatórias. **Para Research Medical Journal**, [s.l.], v. 3, n. 2, p. 1-7, 2019.
- CUBIDES, N. Z.; BONACELLI, M. B. M. Arranjos Produtivos Locais de Plantas Medicinais e Fitoterápicos nos biomas brasileiros: um diagnóstico preliminar. **Revista Fitos**, [s.l.], v. 16, n. 4, p. 403-417, 2022.
- CUNHA, M. A. *et al.* Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 306, n. 1-4, p. 403-406, 2010.
- DAVISON, Kade *et al.* Effect of cocoa flavanols and exercise on cardiometabolic risk factors in overweight and obese subjects. **International Journal of Obesity**, [s.l.], v. 32, n. 8, p. 1.289-1.296, 2008.
- DOGBEY, Bright Fafali *et al.* Comparison of Antioxidant and Antimicrobial Activities of Acetone and Water Extracts of *Theobroma cacao* Beans. **Advances in Microbiology**, [s.l.], v. 10, n. 9, p. 478, 2020.

- FERNANDES, B. F. *et al.* Estudo etnofarmacológico das plantas medicinais com presença de saponinas e sua importância medicinal. **Revista da Saúde da AJES**, [s.l.], v. 5, n. 9, 2019.
- GARAY, M. *et al.* **Extract of Phyllanthus niruri**. US20110081304. Depósito: 9 out. 2009. Concessão: 7 abr. 2011.
- GRASSI, D. *et al.* Cocoa, glucose tolerance, and insulin signaling: cardiometabolic protection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 63, n. 45, p. 9.919-9.926, 2015.
- HABER, Stacy L.; GALLUS, Karen. Effects of dark chocolate on blood pressure in patients with hypertension. **American Journal of Health-System Pharmacy**, [s.l.], v. 69, n. 15, p. 1.287-1.293, 2012.
- HASENCLEVER, L. *et al.* Indústria de fitoterápicos brasileira: desafios e oportunidades. **Ciênc. Saúde Colet. (Impr.)**, [s.l.], v. 22, n. 8, p. 2.559-2.569, 2017.
- HOLETZ, F. B. *et al.* Screening of some plants used in the brazilian folk medicine for treatment of infectious diseases, **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s.l.], v. 97, n. 7, p. 1.027-1.031, 2002.
- HOMMA, A. K. O. Extrair, manejar e domesticar os recursos da biodiversidade amazônica. In: PONTES, A. N.; ROSARIO, A. S. do. **Ciências ambientais: política, sociedade e economia da Amazônia**. Belém: EdUEPA, 2020. p. 9-32.
- JONFIA-ESSIEN, W. A. *et al.* G. Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. **Food Chem.**, [s.l.], v. 108, n. 3, p. 1.155-1.159, 2008.
- JUMAR, A., SCHMIEDER, R. E. Cocoa Flavanol Cardiovascular Effects Beyond Blood Pressure Reduction. **J Clin Hypertens (Greenwich)**, [s.l.], v. 18, n. 4, p. 352-358, 2016. DOI: 10.1111/jch.12715.
- KATZ, D. L. *et al.* Cocoa and chocolate in human health and disease. **Antioxidants & Redox Signaling**, [s.l.], v. 15, n. 10, p. 2779-2811, 2011.
- KELI, S. O. *et al.* Dietary flavonoids, antioxidant vitamins, and incidence of stroke: the Zutphen study. **Arch Intern Med.**, v. 156, n. 6, p. 637-642, 1996.
- KNEKT, P. *et al.* Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. **BMJ**, [s.l.], v. 312, n. 7.029, p. 478-481, 1996.
- LAGOAS, A. F. S. **O Efeito da Theobroma cacao no Sistema Cardiovascular**. 2017. 55p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Coimbra, Portugal, 2017.
- LATHAM, L. S. *et al.* Chocolate--guilty pleasure or healthy supplement?. **Journal of clinical hypertension (Greenwich, Conn.)**, [s.l.], v. 16, n. 2, p. 101-6, 2014. DOI: 10.1111/jch.12223.
- LEE, N. Y. *et al.* The pharmacological potential of *Phyllanthus niruri*. **J. Pharm Pharmacol.** [s.l.], v. 68, n. 8, p. 953-69, 2016.
- LEONE-BAY, A.; WESNER, G. Inventor. **Herbal composition used for, e.g., treating symptoms of acquired hypothyroidism, includes N-acylated fatty amino acid, hesperidin, naringin, capsaicin, reserpine, vinblastine, rutin, quercitrin, curcumin, catechin, eugenol, or hypericin**. Depositante: Receptor Life SCI INC, Receptor Holdings INC, Spoke SCI INC. Derwent Primary Accession Number/Patente: 2019-33030Y. Concessão: 14 jun. 2019.

- LEYVA-SOTO, A. *et al.* Daily consumption of chocolate rich in flavonoids decreases cellular genotoxicity and improves biochemical parameters of lipid and glucose metabolism. **Molecules**, [s.l.], v. 23, n. 9, p. 2.220, 2018.
- LIU, X. *et al.* Co-authorship networks in the digital library research community. **Information Processing & Management**, [s.l.], v. 41, n. 6, p. 1.462-1.480, 2005.
- MACUÁCUA, X. V.; PEREIRA, H. S. Promovendo a fitoterapia tradicional da Amazônia brasileira: o caso da farmácia verde de Manicoré. **Revista Foco**, [s.l.], v. 16, n. 11, p. e3503-e3503, 2023.
- MALIK, S. *et al.* New insights into the biotechnology and therapeutic potential of *Lippia alba* (Mill.) NE Br. ex P. Wilson. **Journal of Essential Oil Research**, [s.l.], v. 33, n. 6, p. 523-535, 2021.
- MARKOM, M. *et al.* Chemical profiling and quantification of tannins in *Phyllanthus niruri* Linn. fractionated by SFE method. **Separation Science and Techn.**, [s.l.], v. 46, n. 1, p. 71-78, 2010.
- MENA□CHALCO, J. P. *et al.* Brazilian bibliometric coauthorship networks. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, [s.l.], v. 65, n. 7, p. 1.424-1.445, 2014.
- MU'NISA, A. *et al.* Active compounds extraction of cocoa pod husk (*Thebroma cacao* L.) and potential as fungicides. **J. of Physics: Conference Series**, [s.l.], IOP Publishing, p. 012013, 2018.
- NISAR, M. F. *et al.* Chemical components and biological activities of the genus *Phyllanthus*: A review of the recent literature. **Molecules**, [s.l.], v. 23, n. 10, p. 2.567, 2018.
- OTHMAN, A. *et al.* Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 100, n. 4, p. 1.523-1.530, 2007.
- OTT, M.; MANNNS, M. Inventor. **Use of phyllanthus constituents for treating or preventing infections caused by hepatitis**. U.S. Patent Application n. 10/476,059. Patente: US7829124B2. Depósito: 26 abr. 2002. Concessão: 7 out. 2004.
- PASCUAL, M. E. *et al.* Antiulcerogenic activity of *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Farmaco**, [s.l.], v. 56, p. 501-504. 2001.
- PONCE-MONTER, H. *et al.* Spasmolytic and anti-inflammatory effects of *Aloysia triphylla* and citral, in vitro and in vivo studies. **J. of Smooth Muscle Research**, [s.l.], v. 46, n. 6, p. 309-319, 2010.
- PROFITos-BioAM – PROSPECÇÃO E PRIORIZAÇÃO TÉCNICO-PRODUTIVAS PARA A INTEGRAÇÃO DA CADEIA DE FITOTERÁPICOS AMAZÔNICOS. **Projeto aprovado na Chamada 01/2020, Fapesp-Fapeam. DPCT/IG/Unicamp (SP) e INPA (AM), Campinas e Manaus:** Documento de pesquisa, 2021. 22p. Disponível em: [www.ige.unicamp.br/profitos/](http://www.ige.unicamp.br/profitos/). Acesso em: 30 jan. 2024.
- REIS, R. M. C. dos; PEREIRA, N. de P. Utilização de Coproduto Derivado do Cacau Como Ativo Antioxidante no Desenvolvimento de Sistemas Emulsionados. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 4, p. 1.178-1.193, 2023. DOI: 10.9771/cp.v16i4.50534.
- REIS, R. M. C. *et al.* Estudo Prospectivo sobre o Potencial Uso do Cacau no Setor de Cosméticos: análise das tendências atuais para PD&I. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 639-653, 2024. DOI: 10.9771/cp.v17i2.56025.
- RENISUS – RELAÇÃO NACIONAL DE PLANTAS MEDICINAIS DE INTERESSE AO SUS ESPÉCIES VEGETAIS. **DAF/SCTIE/MS – Renisus**, fev./2009. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/composicao/sectics/qualificar-sus/arquivos/renisus.pdf/@@download/file>. Acesso em: 30 jan. 2024.

RODRIGUES, P. M. M. **As farmácias vivas no ciclo da assistência farmacêutica: histórico e evolução.** Fortaleza: Escola de Saúde Pública do Ceará/Geduc, 2022. 52p.

ROOZBIANY, S. Inventor. **Composition useful for oral hygiene agent and oral medicine for treatment and prevention of periodontal diseases, comprises caffeine and bitter blocker containing L-LYSINE.** Depositante: KASCHNY HEALTHCARE GMBH. Derwent Primary Accession Number/Patente: 2021-10223L. Concessão: 11 fev. 2021.

RUE, E. A. *et al.* Procyanidins: A comprehensive review encompassing structure elucidation via mass spectrometry. **Phytochemistry Reviews**, [s.l.], v. 17, p. 1-16, 2018.

SANTOS, D. L. *et al.* Saberes tradicionais sobre plantas medicinais na conservação da biodiversidade amazônica. **Ciências em Foco**, [s.l.], v. 12, n. 1, 2019.

SENA FILHO, J. G. *et al.* Phytochemistry and acute toxicity from the roots of *Lippia alba*. **Pharmaceutical Biology**, [s.l.], v. 47, n. 2, p. 142-145, 2009. DOI: 10.1080/13880200802439418.

SILVA, Á. R. S. *et al.* Perfil de limonoides isolados da andiroba (*Carapa Guianensis* Aubl): Revisão sistemática. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 12, n. 6, p. e3912642018-e3912642018, 2023.

SILVA, N. A. *et al.* Caracterização química do óleo essencial da erva cidreira (*Lippia alba* (Mill.) N. E. Br.) cultivada em Ilhéus na Bahia. **Revista Brasileira Plantas Medicinai**s, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 52-55, 2006.

SILVA, N. C. **Comparação do perfil de metabólitos secundários em diferentes órgãos de phyllanthus niruri l.(euphorbiaceae).** 2013. 111f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2013.

SILVA, T. C. L. *et al.* Atividade antimicrobiana de três espécies de *Phyllanthus* (quebra-pedra) e de seu produto comercial. **Rev. Enferm. UFPE**, Recife, p. 93-97, 2010.

SILVEIRA, P. T. de S. de S *et al.* Estudo prospectivo relativo ao cacau e produtos de cacau, como chocolate, contendo peptídeos e proteínas. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, p. 340, 2018. DOI: 10.9771/cp.v11i2.23137.

SIMARNA, K. *et al.* **Extract of Phyllanthus niruri.** US20110081308. Depósito: 1º out. 2010. Concessão: 7 abr. 2011.

SOUSA, A. B. A.; FIRMINO, W. C. A. Uso do chá de quebra pedra em pacientes diagnosticados com litíase renal no município de São Mateus do Maranhão, MA. **Natureza Online**, [s.l.], v. 17, n. 1, p. 51-60, 2019.

SOUSA, K. A. *et al.* Bioeconomia na Amazônia: uma análise dos segmentos de fitoterápicos & fitocosméticos, sob a perspectiva da inovação. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 151-171, 2016.

TAVARES, I. B. **Propagação vegetativa, adubação orgânica e idades de colheita de quimiotipos de erva-cidreira.** 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Tocantins, Gurupi, TO, 2009.

TSENG, H. *et al.* Retracted article: Modern Business Ethics Research Concepts. **Theories, and Relationships. J. Bus Ethics.**, [s.l.], v. 91, p. 587-597, 2010.

UNANDER, D. W. *et al.* Records of usage or assays in *Phyllanthus* (Euphorbiaceae). I. Subgenera *Isocladus*, *Kirganelia*, *Cicca* and *Emblica*. **J. of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 30, p. 233-264, 1990.

VALE, T. Gurgel *et al.* Central effects of citral, myrcene and limonene, constituents of essential oil chemotypes from *Lippia alba* (Mill.) NE Brown. **Phytomedicine**, [s.l.], v. 9, n. 8, p. 709-714, 2002.

VENTRELLA, M. C. **Produção de folhas, óleo essencial e anatomia foliar quantitativa de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. (Verbenaceae) em diferentes níveis de sombreamento e épocas de colheita**. 2000. 84p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2000.

VIZZOTTO, M. *et al.* **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas, RS: Embrapa Clima Temperado, 2010.

VOGEL, Bernd *et al.* A bibliometric review of the leadership development field: How we got here, where we are, and where we are headed. **The Leadership Quarterly**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 101381, 2021.

YU, J. *et al.* Recent progress in doxorubicin-induced cardiotoxicity and protective potential of natural products. **Phytomedicine**, [s.l.], v. 40, p. 125-139, 2018.

ZÉLOTA, M. *et al.* CNS activities of liquid 57 and spray-dried extracts from *Lippia alba* - Verbenaceae (Brazilian false melissa). **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 82, p. 207-215, 2002.

## Sobre os Autores

### Siomara Dias da Rocha

*E-mail*: siomararocha.quimica@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4314-9927>

Doutora em Química pela Universidade Federal do Amazonas em 2021.

Endereço profissional: FUCAPI, Av. Gov. Danilo Matos Areosa, n. 381, Manaus, AM. CEP: 69075-351.

### Rafael Lima Medeiros

*E-mail*: rafa.comp\_adm@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2036-869X>

Doutor em Biotecnologia, área de Gestão, pelo Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas em 2017.

Endereço profissional: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Câmpus Maués, Estrada dos Morais, n. 2.000, C-1, Santa Tereza, Maués, AM. CEP: 69190-000.

### Rosana Zau Mafra

*E-mail*: rosanazau@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7133-9824>

Doutora em Biotecnologia, área de Gestão, pelo Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas em 2018.

Endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Faculdade de Estudos Sociais, Departamento de Economia, Avenida Rodrigo Otavio, n. 6.200, Câmpus Universitário Senador Arthur Virgílio Filho, Setor Norte, Bairro Coroado, Manaus, AM. CEP: 69080-900.

# **Análise das Patentes sobre o Uso das Sementes de Pracaxi, Murumuru e Ucuúba em Cosméticos na Plataforma Orbit**

## *Analysis of Patents on the Use of Pracaxi, Murumuru, and Ucuuba Seeds in Cosmetics on the Orbit Platform*

*Patricia de Oliveira Dantas<sup>1</sup>*

*Dalton Chaves Vilela Junior<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

### **Resumo**

Este artigo investiga a prospecção tecnológica para inovação, focando nas patentes de sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba em cosméticos, destacando a importância da biodiversidade amazônica para a bioeconomia. A exploração desses recursos permite entender as tendências e o papel desses produtos na bioeconomia, apesar de esse campo ainda ser pouco explorado. A pesquisa foi realizada na plataforma Orbit Intelligence, e os dados de patentes foram sistematizados para apoiar as ações estratégicas no desenvolvimento de tecnologias patenteadas. A análise revelou 103 patentes de pracaxi (67 ativas), 209 de murumuru (135 ativas) e 56 de ucuúba (35 ativas), indicando interesse na proteção do conhecimento, gerando, assim, processos mais inovadores e sustentáveis. Este estudo contribui para a valorização da sociobiodiversidade amazônica e para a expansão da bioeconomia por meio de cosméticos mais naturais e eficazes.

Palavras-chave: Cosméticos naturais; Biodiversidade amazônica; Prospecção Tecnológica.

### **Abstract**

This article investigates technological prospecting for innovation, focusing on patents related to pracaxi, murumuru, and ucuúba seeds in cosmetics, emphasizing the importance of Amazonian biodiversity for the bioeconomy. Exploring these resources provides insights into trends and their role in the bioeconomy, despite the field being underexplored. The research was conducted using the Orbit Intelligence platform, where patent data was systematized to support strategic actions in the development of patented technologies. The analysis revealed 103 patents for pracaxi (67 active), 209 for murumuru (135 active), and 56 for ucuúba (35 active), indicating strong interest in knowledge protection, thus fostering more innovative and sustainable processes. This study contributes to the valuation of Amazonian sociobiodiversity and the expansion of the bioeconomy through more natural and effective cosmetics.

Keywords: Natural cosmetics; Amazon biodiversity; Technological Prospecting.

Áreas Tecnológicas: Propriedade Intelectual. Inovação e Desenvolvimento. Biotecnologia.



# 1 Introdução

A busca pela beleza e o uso de cosméticos acompanham a humanidade desde tempos imemoriais, com o emprego de ervas para alimentação, medicina e cosméticos sendo uma prática ancestral (Bansode *et al.*, 2024). À medida que a indústria evolui e as economias se modernizam, o avanço acelerado do conhecimento e da tecnologia exige a integração de inovações nos processos produtivos. Esse cenário demanda um planejamento estratégico minucioso para maximizar a eficiência dos recursos e direcionar as pesquisas científicas de forma eficaz e sustentável (Teixeira, 2013).

A indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (HPPC) se destaca por seu dinamismo em inovação e tecnologia, desempenhando um papel crucial na transformação do setor industrial (Capanema, 2007). Para Santos (2019), a industrialização e a valorização de produtos com maior valor agregado são fundamentais para o enriquecimento econômico dos países. Indústrias que conseguem transformar recursos naturais em produtos de alto valor agregado, como cosméticos, não apenas geram receitas significativas, mas também criam empregos e estimulam o crescimento econômico.

Nesse contexto, a biodiversidade amazônica surge como um recurso estratégico para o Brasil e outros países, oferecendo compostos bioativos com propriedades valiosas para a formulação de cosméticos naturais e sustentáveis (Miguel, 2007). As riquezas naturais da biodiversidade representam um valor incalculável e um enorme potencial para o aproveitamento desses recursos. A concepção de produtos derivados de ativos naturais está associada a indústrias como a de cosméticos, alimentos, bebidas e fitomedicamentos, em um mercado consumidor crescente que valoriza produtos com apelo sustentável e benefícios relacionados à saúde (Pereira; Barbalho, 2024). Nesse sentido, a utilização desses produtos vai além das propriedades estéticas e de aparência, incorporando novas funções relacionadas a tratamento e saúde, baseando-se em insumos vegetais naturais. Entre esses compostos, as sementes do pracaxi (*Pentaclethra macroloba*), murumuru (*Astrocaryum murumuru*) e ucuúba (*Virola Surinamensis*) têm atraído significativa atenção. O pracaxi é valorizado por suas propriedades emolientes, hidratantes e cicatrizantes; o murumuru é conhecido por sua capacidade de hidratação intensa e ação restauradora; e a ucuúba é apreciada por suas propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes (Morais, 2012).

Dada a crescente valorização dos insumos amazônicos e a necessidade de inovação contínua na indústria cosmética, a prospecção tecnológica surge como uma ferramenta essencial na tomada de decisões e na seleção de estratégias com potencial para sucesso. Diversos estudos têm investigado a prospecção tecnológica de recursos naturais da biodiversidade brasileira, com foco nas plantas da Amazônia. Oliveira, Silva e Rocha (2019) destacam o valor terapêutico e cosmético do pracaxi, enquanto Pereira e Barbalho (2024) exploram o monitoramento tecnológico da copaíba (*Copaifera sp.*) nas indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica. Costa *et al.* (2024) analisam as tendências de uso do murumuru (*Astrocaryum murumuru*), evidenciando seu potencial em uma variedade de produtos. Esses estudos fornecem uma base sólida para entender o impacto desses ingredientes na indústria e revelar oportunidades para a exploração sustentável dos recursos amazônicos.

Integrar conhecimentos científicos, avanços tecnológicos e práticas sustentáveis é essencial para a formulação de cosméticos que não apenas satisfaçam as demandas do mercado, mas também contribuam para a preservação ambiental. A colaboração entre pesquisadores, desenvolvedores de produtos e indústrias pode acelerar a descoberta de novas aplicações e garantir que essas inovações sejam implementadas de maneira responsável. Essa abordagem integrada pode otimizar o uso dos recursos naturais e promover um avanço tecnológico que respeite e valorize a biodiversidade amazônica.

Diante da relevância global do tema, este estudo propõe uma análise das patentes relacionadas às sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba na plataforma Orbit. O objetivo é identificar inovações tecnológicas, tendências de mercado e oportunidades de desenvolvimento no setor de cosméticos. A análise das patentes permitirá a definição dos principais centros de inovação e competitividade, oferecendo uma visão clara sobre como esses ingredientes amazônicos estão sendo aplicados e explorados. Além disso, a identificação das principais inovações e tendências visa a destacar o valor das sementes amazônicas, promovendo o desenvolvimento sustentável e a preservação ambiental. Com isso, o estudo contribuirá significativamente para pesquisadores e empresários interessados no potencial desses ativos, auxiliando na formulação de produtos cosméticos que alavanquem práticas sustentáveis e inovadoras.

## 2 Metodologia

A presente pesquisa adota uma abordagem documental e bibliográfica, com uma perspectiva quanti-qualitativa. A vertente quantitativa, conforme apontam Sampieri, Collado e Lucio (2013), concentra-se na análise estatística para quantificar fenômenos e testar hipóteses. Por outro lado, a abordagem qualitativa busca compreender fenômenos sociais e humanos a partir de uma perspectiva subjetiva (Gil, 2019; Vieira; Zouain, 2006).

A pesquisa tem natureza aplicada e foi estruturada com base na análise de dados disponíveis, utilizando ferramentas avançadas para examinar grandes volumes de informações. Essa metodologia permitiu obter resultados abrangentes e visualizar diferentes cenários.

Com caráter exploratório, o estudo aprofundou o tema em análise e possibilitou uma investigação mais detalhada. De acordo com Oliveira (2011), a pesquisa exploratória é crucial para ampliar a compreensão sobre certos fenômenos, permitindo a formulação flexível de problemas e de hipóteses e oferecendo uma visão geral do tema investigado.

Os procedimentos metodológicos incluíram uma pesquisa bibliográfica em bases de dados nacionais e internacionais, com o objetivo de compor a revisão de literatura e fornecer o contexto científico necessário para embasar a análise documental dos resultados. Segundo Vergara (2000), a pesquisa bibliográfica fundamenta-se em material já existente, reunindo informações essenciais relacionadas ao tema de estudo, tanto de forma direta quanto indireta.

Para a coleta de dados documental das patentes, foi utilizado o *software* Orbit Intelligence, que oferece ferramentas de Business Intelligence (BI) para pesquisa e análise de patentes. Esse *software* facilita a sistematização dos dados, apoiando ações estratégicas relacionadas à pesquisa de tecnologias. A escolha do Orbit Intelligence baseou-se em sua versatilidade e eficiência no detalhamento das informações de patentes, permitindo uma análise aprofundada do tema investigado (Axonal Consultoria Tecnológica; Suzuki, 2016).

Com a definição das bases e do gênero vegetal em estudo, foram empregadas as seguintes estratégias de busca, utilizando operadores booleanos: Estratégia de busca = ((Nome científico + OR Nome popular+) AND (Cosmetic+ OR Nanoscience+ OR Nanotechnology+ OR Nanofabrication+ OR Nanomanipulation+ OR Nanomedicine+ OR Shampoo+ OR Antiperspirant+ OR Hair Spray+ OR Hair Care+ OR Hair Rinse+ OR Body Wash+ OR Hair Care Product+ OR Hair Gel+ OR Shower Gel+ OR Hair Conditioner+ OR Dermatological+ OR Lotion+ OR Beaut+ OR Natural Treatment OR Nail+ OR Hair+ OR Conditioner+ OR Oil+ OR Cream+ OR Bod+ OR Deodorant+ OR Mask+ OR Soap+ OR Scrub+ OR Sunscreen+ OR Medication+ OR Drug+ OR Pharmaceutical+ OR Medicine+ OR Medication+ OR Prescription+ OR Therapeutic+ ))/Ti/Ab/Clms/Obj.

Em colaboração com a empresa-cliente, o foco foi nas patentes cujos títulos, resumos, reivindicações e objetos da invenção continham esses termos, resultando em uma quantidade significativa de publicações relevantes.

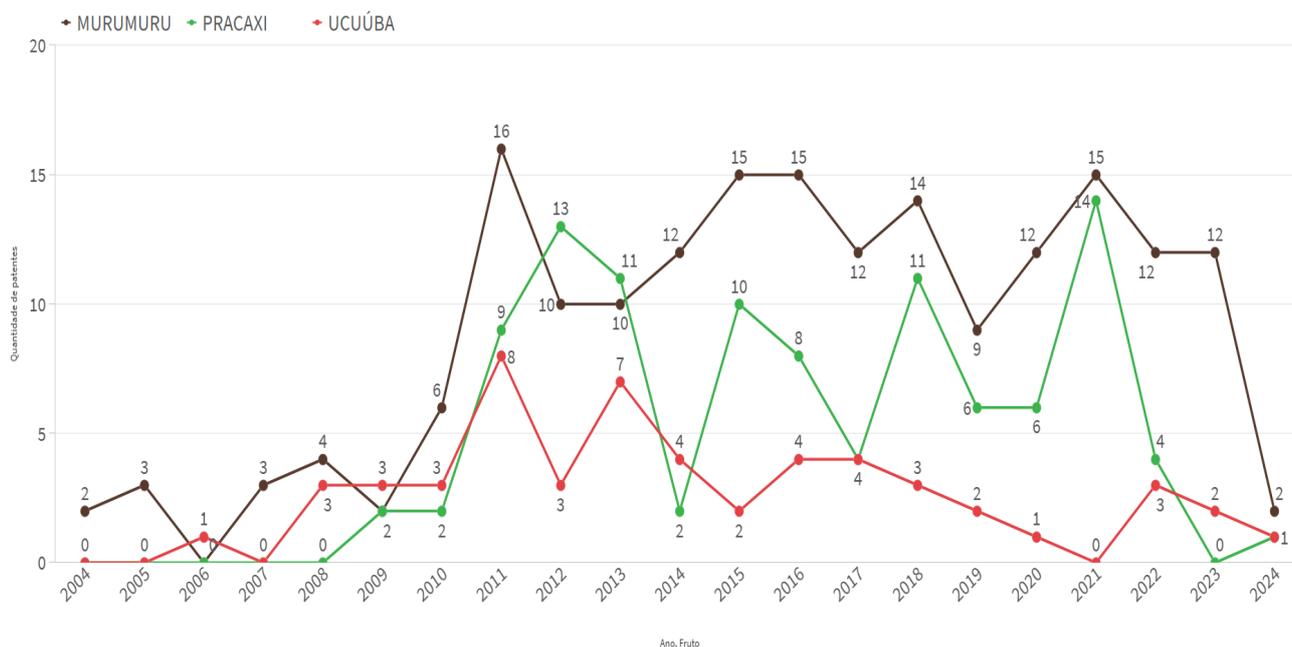
Para delimitar o escopo da pesquisa, a análise dos dados foi conduzida por meio de duas abordagens principais: análise bibliométrica e análise de mapeamento de patentes. A análise bibliométrica teve um caráter descritivo, com o objetivo de caracterizar e avaliar a distribuição e a relação entre variáveis específicas. Paralelamente, a análise de patentes envolveu uma comparação das proteções associadas às três sementes estudadas.

Os dados bibliométricos foram armazenados em formato CSV, o que facilitou sua visualização gráfica na plataforma Qlik Sense. Essa ferramenta de análise de dados e visualização permite a manipulação e a interpretação de grandes volumes de informações de maneira intuitiva. Desenvolvido pela Qlik, o Qlik Sense oferece uma interface para criar *dashboards* e relatórios interativos, permitindo uma exploração aprofundada e a descoberta de *insights* por meio de mapas de coautoria e citação, promovendo a visualização clara e dinâmica da rede de colaboração.

As visualizações gráficas das patentes foram geradas utilizando a base de dados Orbit. Para análise comparativa, foi empregado o Microsoft Excel para estruturar e visualizar o número de patentes, facilitando a avaliação da dinâmica de inventividade dos atores e a prospecção tecnológica. Esse estudo resultou na tabulação dos dados com base em critérios específicos, como: países e empresas detentores de patentes, distribuição geográfica dos países detentores, *status* legal das patentes para indicar o interesse comercial, número de patentes para avaliar a relevância tecnológica, distribuição anual das concessões de patentes e classificação internacional delas. Os dados foram, então, consolidados e apresentados em formato de artigo científico para comunicar os resultados obtidos.

### 3 Resultados e Discussão

A análise dos depósitos de patentes relacionados às sementes de murumuru, pracaxi e ucuúba ao longo dos anos revela uma dinâmica rica e variada na proteção tecnológica. Entre 2004 e 2024, foram identificados 368 depósitos, distribuídos de maneira heterogênea ao longo desse período. A média anual de depósitos é de aproximadamente 16,4, o que indica um interesse contínuo e crescente nas propriedades dessas sementes, com destaque para o ano de 2011, quando ocorreram 33 depósitos. O Gráfico 1 apresenta a distribuição anual dos depósitos de patentes.

**Gráfico 1** – Depósito de patentes por ano

Fonte: Adaptado de dados extraídos do Orbit Intelligence (2024)

No início da série histórica, entre 2004 e 2010, observa-se uma variação modesta, com resultados que oscilam entre um e 11 depósitos anuais, sugerindo uma fase inicial de exploração tecnológica. Esse período de flutuação pode ser interpretado como uma fase de descoberta em que os pesquisadores e as empresas estavam começando a identificar o potencial dessas sementes.

O ano de 2011 marca um ponto de inflexão com um pico expressivo de 33 depósitos, o que pode estar relacionado ao aumento do interesse comercial e ao avanço das pesquisas sobre as aplicações desses insumos vegetais. Esse salto é seguido por um período de alta produtividade que se estende até 2016, com depósitos anuais variando entre 18 e 29, refletindo uma intensificação nos esforços de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e na proteção de conhecimento através de patentes.

A partir de 2017, o número de depósitos se mantém relativamente estável, com um novo pico em 2018 (28 depósitos), o que sugere um período de consolidação das descobertas anteriores. Contudo, o ano de 2019 apresenta uma leve queda para 17 depósitos, seguida de números mais estáveis nos anos subsequentes, como 19 depósitos em 2020 e 2022 e com 14 em 2023. A diminuição acentuada em 2023 e 2024 (4 depósitos) pode indicar um deslocamento das prioridades de pesquisa ou a transição para outras formas de proteção intelectual, como o sigilo industrial.

A ausência de depósitos significativos em 2023 e 2024 deve ser analisada com cautela, pois pode estar relacionada a períodos de sigilo, uma prática comum em processos de patenteamento, já que as informações são mantidas confidenciais para proteger a inovação antes da sua divulgação pública. Essa estratégia é frequente em setores altamente competitivos em que a proteção precoce da propriedade intelectual é crucial para manter vantagens competitivas.

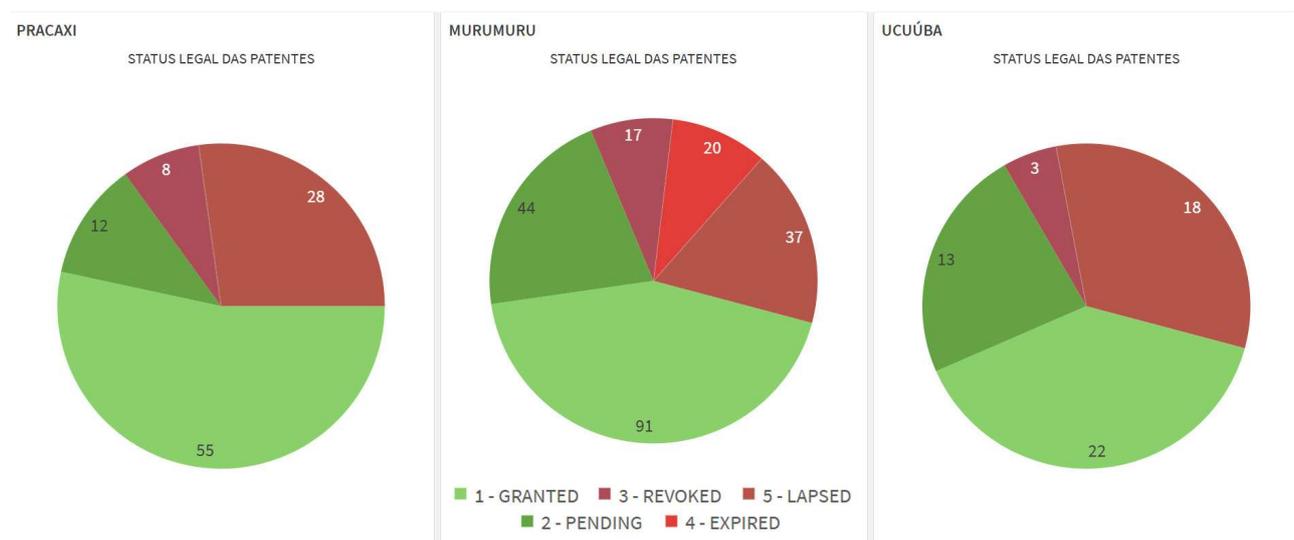
Comparando outras áreas tecnológicas, observa-se uma tendência comum no desenvolvimento de novas pesquisas, e o início é frequentemente marcado por um número relativamente baixo de depósitos de patentes. No entanto, esse cenário tende a mudar rapidamente com a consolidação e o aumento da competição, resultando em um crescimento substancial no número de depósitos. A estabilidade nos depósitos de patentes após 2017 sugere uma possível maturação do setor, indicando uma transição do foco das atividades para a otimização e a proteção das inovações já estabelecidas.

Fatores externos, como mudanças nas políticas de patentes e reformas legislativas, também desempenham um papel significativo nas variações observadas. Essas variáveis podem criar períodos de estagnação ou crescimento acelerado, refletindo a complexidade do ambiente regulatório e seu impacto nas estratégias de proteção da propriedade intelectual. A análise desses dados oferece uma visão abrangente sobre a evolução das atividades de patente ao longo do tempo e revela possíveis tendências futuras na proteção do conhecimento. Compreender essas tendências é crucial para antecipar movimentos do mercado e adaptar estratégias de inovação de forma eficaz.

Quanto ao *status* legal, as patentes são ordenadas em cinco categorias, cada uma refletindo diferentes fases no ciclo de vida de uma patente: concedida, pendente, revogada, expirada e caducada. O Gráfico 2 fornece uma visão detalhada do estado atual dessas patentes, permitindo uma análise mais aprofundada das fases.

Das patentes associadas ao Pracaxi, 55 (53,9%) foram concedidas, 12 (11,8%) estão pendentes, 28 (27,5%) estão em caducidade e oito (7,8%) foram revogadas. Para o Murumuru, 91 patentes (50,3%) foram concedidas, 44 (24,3%) estão pendentes, 37 (20,3%) estão em caducidade, 20 (11%) expiraram e 17 (9,2%) foram revogadas. No caso do Ucuúba, 22 patentes (25,3%) foram concedidas, 13 (15,1%) estão pendentes, 18 (21,2%) estão em caducidade e três (3,5%) foram revogadas.

**Gráfico 2 – Status legal das patentes**



Fonte: Adaptado de dados extraídos do Orbit Intelligence (2024)

O *status* Concedida (*Granted*) refere-se às patentes que foram avaliadas e aprovadas pelo escritório competente, conferindo ao titular direitos exclusivos sobre a invenção por um período

estabelecido. O *status* Pendente (*Pending*) designa as patentes que ainda estão em fase de avaliação, aguardando uma decisão definitiva. Em determinadas situações, uma patente concedida pode ter sua validade anulada, resultando no *status* Revogada (*Revoked*), geralmente devido a violações regulamentares ou falhas no processo de concessão. Quando a proteção conferida por uma patente expira, esta é classificada como Expirada (*Expired*), o que permite o uso irrestrito da invenção por terceiros. Finalmente, o *status* de Caducidade (*Lapsed*) ocorre quando a patente perde sua validade em decorrência do não pagamento de taxas de manutenção ou do não cumprimento de outros requisitos essenciais para sua vigência. Esses diferentes *status* de patentes têm implicações jurídicas e práticas distintas, tanto para os titulares das patentes quanto para o acesso público às proteções.

A análise dos *status* legais das patentes associadas às sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba revela um panorama detalhado sobre a proteção intelectual dessas sementes. Com base nos dados combinados, é possível observar as seguintes tendências e implicações.

O *status* de Concedidas predomina, com um total de 168 patentes. Esse dado demonstra que uma parte significativa das patentes relacionadas a essas sementes obteve sucesso na obtenção da proteção legal, refletindo um nível sólido de propriedade intelectual. A predominância dessas patentes é um indicativo positivo, evidenciando que o processo de concessão tem sido eficaz e que essas inovações têm sido reconhecidas e protegidas.

No entanto, a categoria de Caducidade, com 83 patentes, é a segunda mais frequente. Isso revela um desafio importante na manutenção das patentes ao longo do tempo. A alta quantidade de patentes em caducidade sugere que, apesar de um bom início com a concessão, muitos detentores de patentes podem enfrentar dificuldades na continuidade da proteção legal. Questões financeiras, administrativas ou outras barreiras podem estar contribuindo para a perda de validade das patentes.

As patentes Expiradas, totalizando 20, representam um fator relevante a ser considerado. A expiração das patentes indica que, após o término do período de proteção, elas retornam ao domínio público, permitindo que terceiros as utilizem livremente. Esse *status* pode ser um reflexo de patentes cujo prazo de proteção chegou ao fim, e o número relativamente pequeno sugere que o impacto da expiração está mais controlado em comparação com a caducidade.

As patentes Pendentes somam 69, indicando que ainda há um número considerável aguardando avaliação. Esse *status* sugere que o processo de concessão está em andamento para essas patentes e que o número de patentes concedidas pode aumentar à medida que essas solicitações forem revisadas e aprovadas. O elevado número de patentes pendentes também aponta para um contínuo interesse em conhecimento e inovações derivadas dessas sementes.

Finalmente, o número de patentes Revogadas é relativamente baixo, totalizando 28. Isso é um indicativo positivo de que poucas patentes foram anuladas após a concessão, sugerindo um bom nível de conformidade inicial com os requisitos legais. Apesar disso, é essencial continuar monitorando e garantindo que as patentes permaneçam válidas e em conformidade ao longo de seu ciclo de vida.

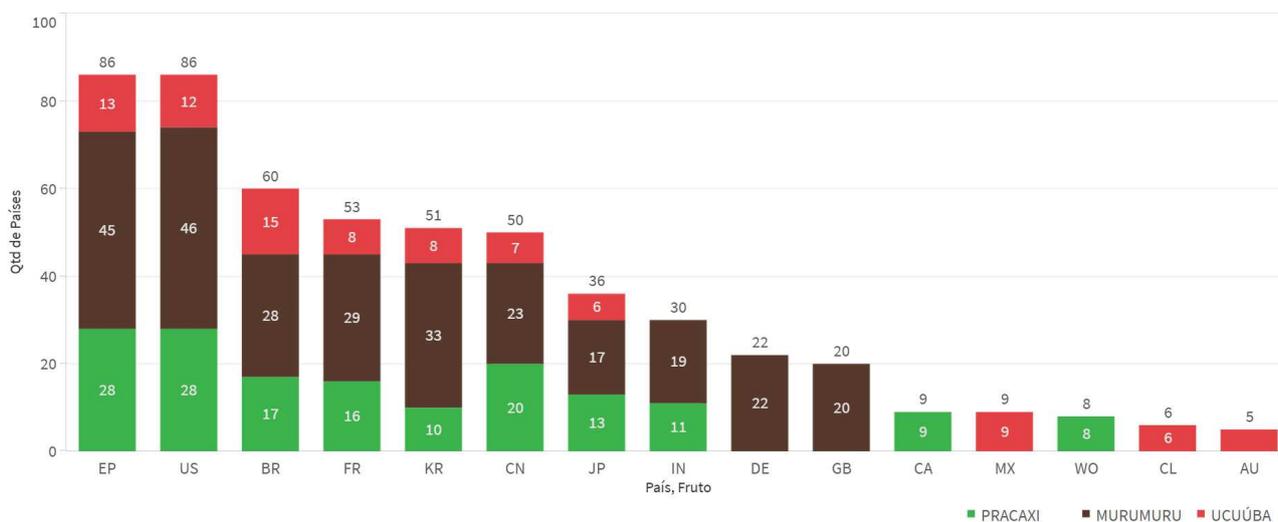
A análise dos *status* legais das patentes associadas ao pracaxi, murumuru e ucuúba destaca a importância da proteção intelectual para inovações baseadas em biodiversidade. Enquanto a predominância de patentes concedidas é um sinal encorajador, o número considerável de patentes em caducidade indica a necessidade de estratégias mais eficazes para manter essas patentes.

A quantidade de patentes expiradas sugere que o impacto da expiração está relativamente controlado, enquanto a quantidade de patentes pendentes aponta para um potencial de crescimento futuro. A baixa taxa de patentes revogadas reflete um bom nível de conformidade inicial.

Esses resultados ressaltam a importância de um gerenciamento ativo e contínuo das patentes. A proteção sustentável das inovações exige uma abordagem proativa para garantir que os direitos de propriedade intelectual sejam preservados e eficazes ao longo do tempo. Um gerenciamento eficiente não apenas assegura a proteção das contribuições científicas e tecnológicas, mas também promove a continuidade e o avanço das inovações baseadas em sementes de biodiversidade. Isso fortalece o valor econômico e científico dessas sementes no cenário global, garantindo que sua relevância e impacto sejam mantidos.

Com base nos dados levantados, o Gráfico 3 detalha as tendências e as características relacionadas às atividades de inovação nos países em que as patentes são protegidas. A seguir, serão exploradas essas informações para que se possa entender melhor o cenário global de proteção de patentes.

**Gráfico 3 – Países de proteção das patentes**



Fonte: Adaptado de dados extraídos do Orbit Intelligence (2024)

A análise da proteção de patentes das sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba revela um panorama diversificado do interesse global, refletindo as complexas dinâmicas comerciais e científicas em torno desses ingredientes naturais. A semente de pracaxi demonstra uma proteção significativa em várias regiões, destacando-se especialmente na Europa e nos Estados Unidos, com 28 patentes em cada um desses mercados. A China, com 20 patentes, e o Brasil, com 17, seguem como importantes detentores, enquanto a França possui 16 patentes. Esses números indicam um alto nível de interesse e investimento na pracaxi, particularmente em mercados desenvolvidos que buscam alternativas naturais e sustentáveis. A robusta presença de patentes na China sugere um reconhecimento crescente do potencial dessa semente nos mercados asiáticos emergentes, sinalizando um possível aumento na demanda por ingredientes naturais na região.

Em contraste, a proteção de patentes da semente de murumuru exibe uma das maiores distribuições globais entre as três sementes analisadas. Com 46 patentes nos Estados Unidos e 45 na Europa, o murumuru reflete um interesse considerável nesses mercados desenvolvidos. A Coreia do Sul, com 33 patentes, e França e Brasil, com 29 e 28 patentes, respectivamente, completam o cenário global. Essa ampla distribuição geográfica sugere que o murumuru é altamente valorizado não apenas por suas propriedades funcionais, mas também pelo seu potencial comercial e científico em uma variedade de mercados internacionais.

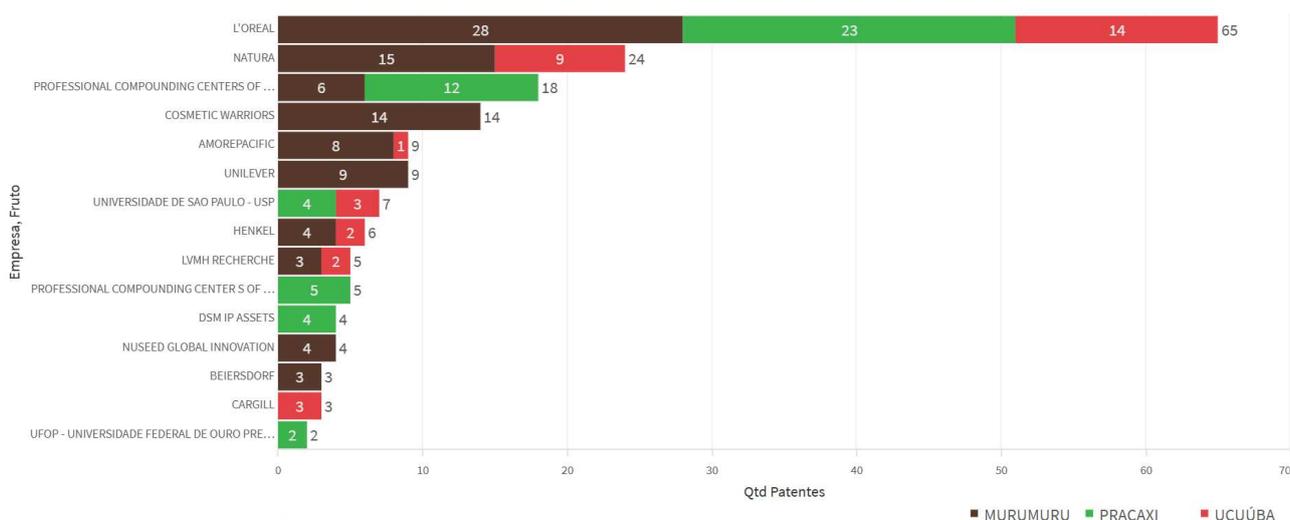
Por outro lado, a proteção de patentes da semente de ucuúba apresenta uma distribuição mais concentrada. O Brasil lidera com 15 patentes, seguido pelos Estados Unidos e Europa, com 12 e 13 patentes, respectivamente. A presença limitada na Coreia do Sul e na França, com oito patentes cada, indica que a exploração da ucuúba está mais focada no mercado brasileiro. Esse padrão sugere que, apesar do potencial significativo da ucuúba, sua proteção e exploração estão predominantemente centradas no Brasil, apontando para oportunidades inexploradas de expansão em mercados internacionais.

Um panorama geral das análises revela que os Estados Unidos e a Europa estão na vanguarda da proteção de patentes, com um total de 86 patentes em cada região, sublinhando sua posição dominante na pesquisa e desenvolvimento tecnológico associado a essas sementes. O Brasil também se destaca com 60 patentes, refletindo o interesse local e o potencial do país na valorização de sua biodiversidade única. França e China seguem com 53 e 50 patentes, respectivamente, enquanto Japão, com 36 patentes, e Coreia do Sul, com 51, mostram uma presença significativa no campo. A Índia, com 30 patentes, evidencia um interesse crescente na pesquisa e desenvolvimento dessas sementes.

Além disso, a crescente atenção de países como Canadá, México, Chile e Austrália sugere uma ampliação gradual do interesse global. Essa diversidade de interesses indica uma ampla gama de áreas de inovação, com diferentes nações contribuindo para o avanço tecnológico em setores específicos. Em suma, a distribuição geográfica das patentes das sementes destaca a relevância e o potencial dessas sementes em diversas regiões do mundo. Os dados refletem um interesse generalizado e uma atividade inovadora significativa, com os Estados Unidos, o Escritório Europeu e o Brasil se destacando como líderes no campo. A distribuição das patentes pode ser influenciada por fatores como a disponibilidade das plantas, conhecimento tradicional, pesquisas científicas locais e potenciais aplicações terapêuticas, sublinhando a complexidade e a importância da proteção legal no desenvolvimento de novas tecnologias.

Quanto aos detentores de patentes, o Gráfico 4 apresenta uma análise detalhada das principais empresas envolvidas e como essas entidades estão moldando o mercado com suas inovações. Entre esses detentores, destacam-se empresas de renome global, conhecidas por seus produtos de cuidados pessoais. A presença dessas corporações pode indicar um interesse significativo na integração das propriedades das sementes em seus produtos. Esse cenário sugere que grandes empresas estão investindo ativamente no desenvolvimento e na proteção relacionada ao uso das sementes.

**Gráfico 4 – Principais detentores de patentes**



Fonte: Adaptado de dados extraídos do Orbit Intelligence (2024)

A análise das patentes em cosméticos revela um panorama dominado por grandes corporações, enriquecido pela contribuição significativa de instituições acadêmicas e de pesquisa. A liderança da L'Oréal, com 65 patentes, destaca seu papel pioneiro em inovação tecnológica no setor. Essa posição reflete uma estratégia robusta de investimento em pesquisa e desenvolvimento, consolidando a L'Oréal como um dos principais motores de progresso na indústria cosmética.

A Natura, com 24 patentes, também se destaca por sua abordagem voltada para a sustentabilidade e o uso de ingredientes naturais. Sua presença sublinha a importância crescente da responsabilidade ambiental e reforça o papel da inovação na criação de produtos que atendem às crescentes demandas dos consumidores por soluções ecológicas.

O Professional Compounding Centers of America (PCCA), que soma um total de 23 patentes, contribui significativamente com suas fórmulas personalizadas e produtos farmacêuticos, evidenciando a diversidade de inovações no mercado e a necessidade de atender a demandas específicas dos consumidores.

Corporações como Cosmetic Warriors e Amorepacific, com 14 e nove patentes, respectivamente, ilustram a inovação constante e a busca por novos ingredientes e fórmulas em um mercado global competitivo.

A presença de instituições acadêmicas e de pesquisa é fundamental para o avanço da tecnologia cosmética. A Universidade de São Paulo (USP) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) somam um total de nove patentes, demonstrando a importância da pesquisa acadêmica no desenvolvimento de novas tecnologias e na colaboração com a indústria para transformar descobertas científicas em soluções práticas. A Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), com duas patentes, também contribui para o enriquecimento do conhecimento e inovação na área.

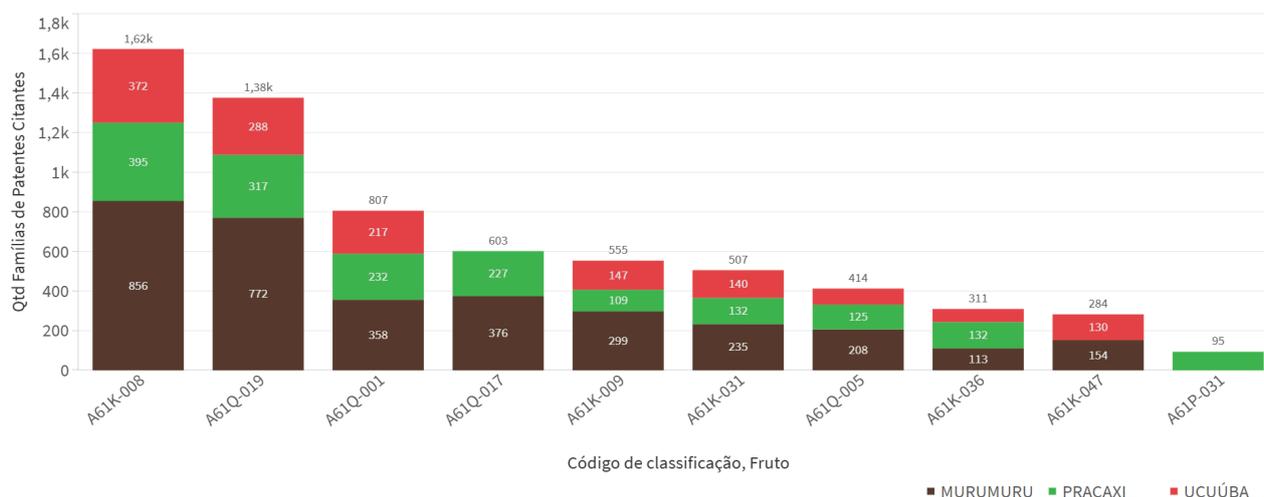
Além das grandes corporações e instituições acadêmicas, indivíduos e empresas de menor porte desempenham um papel vital na inovação cosmética. Apesar de enfrentarem desafios relacionados a recursos limitados, sua contribuição é essencial para a diversidade de pesquisas e soluções criativas, especialmente em substâncias naturais.

É importante notar que políticas de incentivo, como isenções fiscais e subsídios para pesquisa e desenvolvimento, têm um papel crucial em estimular a inovação no setor. Esses incentivos ajudam a reduzir os custos associados à pesquisa, permitindo que tanto grandes empresas quanto pequenos empreendedores invistam mais em desenvolvimento tecnológico. A isenção fiscal e os programas de apoio à inovação promovem um ambiente mais favorável para a criação de novas tecnologias e produtos, garantindo um progresso inclusivo e benéfico para toda a indústria.

A colaboração entre o setor acadêmico, grandes empresas, inovadores independentes e instituições governamentais é fundamental para o avanço contínuo da indústria. Juntas, essas entidades promovem inovações tecnológicas, sustentabilidade e responsabilidade social, assegurando um progresso significativo e equilibrado no setor cosmético.

Por fim, a análise dos dados referentes à distribuição dos depósitos de patentes na Classificação Internacional de Patentes relacionados aos insumos vegetais das sementes permite inferir diversas informações sobre as áreas de aplicação e o foco. Essas inferências estão detalhadas no Gráfico 5, que apresenta uma visão abrangente das principais tendências e direções dessas inovações.

**Gráfico 5** – Classificação Internacional de Patentes



Fonte: Adaptado de dados extraídos do Orbit Intelligence (2024)

O código A61K-008, que agrupa cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal, destaca-se pelo elevado número de patentes citantes, com o murumuru dominando esse grupo. A predominância desse código enfatiza a relevância das formulações e composições químicas no panorama de inovação, posicionando o murumuru como um ingrediente crucial em produtos de higiene pessoal.

As classificações A61Q-019 e A61Q-017, ambas focadas em preparações para o tratamento da pele, também possuem uma representação significativa nas patentes analisadas. Esses códigos, juntamente com o A61Q-005, relacionado a preparações para tratamento capilar, reforçam a importância das sementes de pracaxi e murumuru como objetos centrais de pesquisa e inovação em cosméticos e produtos de cuidados com a pele e o cabelo. Essa presença robusta indica o elevado potencial das propriedades dessas sementes para o desenvolvimento de produtos voltados ao consumidor final, destacando sua aplicação em uma ampla gama de produtos cosméticos.

O código A61Q-001, que engloba a classificação geral para produtos cosméticos, como preparações para maquiagem, pós corporais e remoção de maquiagem, evidencia a versatilidade dessas sementes. Esse código é particularmente relevante para o setor cosmético, refletindo a crescente demanda por produtos que integram beleza e cuidados com a pele. As propriedades naturais dessas sementes, como emoliência e nutrição, são altamente valorizadas em cosméticos mais sustentáveis e multifuncionais. Esse cenário sugere uma oportunidade promissora para a inovação e expansão do uso dessas sementes em linhas de maquiagem, atendendo às expectativas de consumidores que buscam eficácia aliada a benefícios adicionais em seus produtos de beleza.

O código A61K-009, que agrupa preparações medicinais caracterizadas por formas físicas especiais, também está representado. Os códigos subsequentes, como A61K-031, que aborda preparações medicinais contendo ingredientes ativos orgânicos; A61K-036, que foca em preparações medicinais com materiais de origem vegetal; e A61K-047, que trata de preparações medicinais com ingredientes não ativos, ainda que menos expressivos em número de patentes, continuam a destacar a versatilidade e a importância dessas sementes em diferentes segmentos das indústrias. Esses códigos refletem inovações relacionadas à extração, formulação e fabricação de medicamentos, indicando o contínuo interesse na aplicação das propriedades dessas sementes em formulações farmacêuticas avançadas.

Por fim, o código A61P-031, associado a aplicações terapêuticas específicas, sugere que o pracaxi está sendo investigado por seu potencial em usos medicinais, abrangendo áreas como o tratamento de distúrbios dermatológicos, doenças infecciosas e condições relacionadas ao sistema nervoso. Esse enfoque terapêutico evidencia o potencial existente não apenas na cosmética, mas também em produtos farmacêuticos com aplicações clínicas específicas.

Essas categorias refletem a crescente demanda por inovações no campo das ciências da saúde, sublinhando a necessidade constante de desenvolver novas terapias e tratamentos. Além disso, indicam um ambiente de pesquisa ativo e inovador, no qual a criação de novas formulações farmacêuticas desempenha um papel crucial na busca por avanços em saúde e bem-estar.

A análise da prospecção tecnológica em torno das sementes revela implicações importantes no cenário da inovação, focando-se nos processos inovadores e em estudos prospectivos. A ênfase notável em pesquisas voltadas para o desenvolvimento de cosméticos, cuidados pessoais e medicamentos sugere uma abordagem ampla na exploração das propriedades dessas sementes. Essa diversidade nas invenções pode refletir uma estratégia inovadora que visa aproveitar as propriedades naturais para múltiplas aplicações, incluindo tratamentos dermatológicos, combate a doenças infecciosas e distúrbios do sistema nervoso, o que sugere um reconhecimento do potencial terapêutico abrangente dessas sementes.

Adicionalmente, o investimento em processos de produção de medicamentos sublinha a importância dada à otimização das técnicas de extração, formulação e fabricação de produtos à base de pracaxi, murumuru e ucuúba. Esses esforços não apenas visam a aumentar a eficácia dos produtos, mas também melhorar a eficiência e sustentabilidade dos processos de produção.

Em um contexto mais amplo, a pesquisa prospectiva sobre essas sementes aponta para uma tendência promissora de integrar insumos vegetais nos processos inovadores. O uso de recursos naturais no desenvolvimento de novas tecnologias está alinhado com a crescente demanda por soluções sustentáveis nas indústrias cosmética e farmacêutica. Esse movimento não só promove avanços científicos, como também reflete uma crescente conscientização sobre a importância da

biodiversidade e de práticas responsáveis para o desenvolvimento de inovações que beneficiem tanto a sociedade quanto o meio ambiente.

## 4 Considerações Finais

A utilização de patentes como fonte de informação oferece vantagens significativas para a pesquisa, inovação e desenvolvimento tecnológico. As patentes proporcionam uma visão detalhada das tecnologias e abordagens inovadoras, permitindo que pesquisadores e desenvolvedores compreendam o estado da arte em áreas específicas, identifiquem lacunas de conhecimento e explorem novas oportunidades de inovação. Além disso, a análise de portfólios de patentes revela a dinâmica competitiva do setor, destacando as empresas e instituições que lideram o desenvolvimento de tecnologias prioritárias.

O levantamento de documentos de patentes evidenciou avanços notáveis no uso das sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba como insumos vegetais. Observou-se um crescimento consistente no número de registros de patentes ao longo dos anos, refletindo um ambiente favorável à inovação. Esse crescimento é impulsionado por universidades, centros de pesquisa e grandes multinacionais que têm investido significativamente nesses insumos, com o objetivo de desenvolver novos produtos e processos.

Países como os Estados Unidos, Brasil, França, China e Japão têm se destacado na área de tecnologias relacionadas ao aproveitamento das sementes. A relevância desses países pode ser atribuída à presença de uma comunidade científica ativa, instituições de pesquisa de renome e políticas públicas que incentivam a inovação tecnológica. Essas condições criam um ambiente propício ao desenvolvimento de tecnologias que utilizam os recursos da biodiversidade de forma sustentável.

Recomenda-se que futuros estudos investiguem a manutenção das patentes e a expansão de suas aplicações em mercados internacionais, abordando desafios como a alta taxa de caducidade e o gerenciamento eficaz da propriedade intelectual. Além disso, é crucial integrar desenvolvimento tecnológico e sustentabilidade, especialmente no contexto da exploração dos recursos da biodiversidade amazônica. Abordagens sustentáveis, como a extração responsável e a repartição justa de benefícios com as comunidades locais, são essenciais para garantir a preservação da biodiversidade e promover um desenvolvimento inclusivo.

O impulso econômico local e a geração de empregos são benefícios significativos derivados da adoção de uma abordagem holística e ética. Essa estratégia não só fortalece a indústria nacional, promovendo a produção de bens com maior valor agregado, como também estimula a criação de empregos e o desenvolvimento de cadeias produtivas sustentáveis. Esses impactos positivos contribuem para o aquecimento da economia local e têm um efeito social benéfico ao fomentar o progresso econômico e social nas comunidades envolvidas.

Simultaneamente, o crescente interesse da comunidade científica e dos inventores por insumos vegetais, como as sementes de pracaxi, murumuru e ucuúba, abre novas perspectivas para o desenvolvimento de soluções inovadoras. Essas soluções são projetadas para respeitar os princípios da sustentabilidade, equilibrando o avanço tecnológico com a preservação do patrimônio natural da Amazônia. A integração desses princípios na pesquisa e desenvolvimento de produtos contribui para a inovação, beneficiando tanto o meio ambiente quanto as comunidades locais.

## 5 Perspectivas Futuras

A inovação nos setores de cosméticos e biotecnologia está cada vez mais orientada para o emprego de insumos naturais e sustentáveis, como as sementes mencionadas. A análise de patentes demonstra que empresas e instituições proeminentes estão intensificando seus esforços em pesquisa e desenvolvimento de produtos derivados dessas sementes, abrangendo tanto produtos lançados quanto patentes em fase de solicitação. No contexto brasileiro, essa tendência tem o potencial de consolidar o país como líder na bioeconomia, explorando a biodiversidade da Amazônia para criar produtos que combinam sustentabilidade e benefícios para consumidores e comunidades locais.

Globalmente, a indústria cosmética está expandindo suas capacidades tecnológicas ao incorporar esses insumos vegetais em produtos que transcendem os cuidados convencionais com a pele e o cabelo. As inovações previstas incluem o desenvolvimento de dermocosméticos e produtos multifuncionais, utilizando tecnologias avançadas como a nanotecnologia para potencializar as propriedades desses insumos. Isso promete não apenas melhorar a eficácia dos produtos, mas também aumentar seu apelo no mercado internacional.

Além dos benefícios econômicos, essas inovações têm o potencial de transformar a vida das comunidades locais e fortalecer toda uma cadeia econômica e cultural. Elas oferecem oportunidades e incentivam a preservação cultural por meio da exploração sustentável dos recursos naturais da Amazônia. Esse enfoque não só apoia a comunidade diretamente, mas também promove práticas sustentáveis que beneficiam toda a região, gerando um efeito dominó positivo que contribui para o desenvolvimento econômico e social mais amplo.

O avanço das pesquisas científicas, aliado ao crescente interesse por ingredientes naturais, sugere que as propriedades dessas sementes serão cada vez mais exploradas em uma gama diversificada de produtos. A tendência de crescimento na utilização de insumos vegetais em cosméticos e medicamentos indica que o murumuru, o pracaxi e a ucuúba poderão ser incorporados em novas formulações que vão além dos produtos convencionais, expandindo-se para áreas como a nutrição funcional, cuidados médicos especializados e até mesmo biotecnologia. Estudos futuros devem investigar profundamente como a biotecnologia pode maximizar os benefícios desses bioativos, especialmente em áreas emergentes como a medicina personalizada e a saúde preventiva.

Espera-se que o mercado global para esses insumos continue a crescer, com novas patentes sendo registradas em regiões emergentes, como Ásia e África, onde o interesse por soluções naturais está em ascensão. A entrada de novos *players* no mercado, provenientes dessas regiões, pode fomentar uma competição saudável e acelerar a inovação, gerando produtos que combinem tradição e ciência moderna. No entanto, a concorrência também impõe desafios, como a necessidade de superar barreiras regulatórias e garantir a qualidade e a sustentabilidade dos produtos.

As perspectivas futuras incluem a aplicação prática dos avanços alcançados por meio de parcerias estratégicas com a indústria e outros setores relevantes. Tais colaborações podem facilitar a transferência de conhecimento da pesquisa para o mercado, promovendo projetos colaborativos que acelerem a criação de novos produtos baseados em bioativos da Amazônia. A cooperação entre setores industriais, acadêmicos e governamentais é crucial para impulsionar

a inovação e promover práticas sustentáveis de extração e produção, respeitando os ecossistemas e as comunidades locais.

Empresas que investirem na exploração sustentável desses insumos vegetais terão uma vantagem competitiva substancial, contribuindo para a conservação da biodiversidade e alinhando suas práticas com o desenvolvimento sustentável. Em um mundo cada vez mais atento à sustentabilidade, o sucesso futuro dependerá da capacidade de integrar inovação tecnológica com responsabilidade social e ambiental.

Em síntese, as perspectivas futuras para o uso tecnológico dos óleos de pracaxi, murumuru e ucuúba em cosméticos destacam um potencial significativo para o desenvolvimento de produtos baseados em insumos naturais, sustentáveis e inovadores. Esses óleos posicionam-se como ingredientes versáteis e valiosos, capazes de atender à crescente demanda por bioprodutos com valor agregado e alta qualidade. Portanto, é crucial que estudos adicionais se concentrem em explorar mais profundamente as aplicações emergentes de ingredientes naturais no setor cosmético. Investigações sobre as tendências de invenções patenteadas e a identificação de matérias-primas da bioeconomia em ascensão são essenciais. Além disso, pesquisas devem avaliar a integração desses insumos em modelos de negócios sustentáveis, considerando seu impacto na inovação, na sustentabilidade e nas comunidades locais. As decisões que tomarmos hoje moldarão o futuro da bioeconomia e determinarão o papel do Brasil como um líder global neste campo.

## Referências

AXONAL CONSULTORIA TECNOLÓGICA; SUZUKI, H. **Orbit.com**: visão geral sobre o sistema. 2016. Disponível em: [https://axonal.com.br/arquivos/PDF/Orbit\\_Visao\\_Geral\\_Sistema\\_PARTES\\_1\\_a\\_3\\_BUSCA\\_VISUALIZACAO\\_SELECAO.pdf](https://axonal.com.br/arquivos/PDF/Orbit_Visao_Geral_Sistema_PARTES_1_a_3_BUSCA_VISUALIZACAO_SELECAO.pdf). Acesso em: 10 ago. 2024.

BANSODE, Santosh S. *et al.* **A Review**: Herbal Cosmetics-skin and Hair. [S.l.: s.n.], 2024.

CAPANEMA, Luciana Xavier de Lemos *et al.* Panorama da indústria de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 131-155, mar. 2007.

COSTA, A. M. de S. *et al.* Prospecção das Tendências de Uso do Murumuru (*Astrocaryum Murumuru*), Verificando as Diversas Possibilidades de sua Aplicação por meio de Pesquisa em Bases Patentárias e não Patentárias. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 554-570, abril a junho de 2024. DOI: 10.9771/cp.v17i2.56170. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/56170>. Acesso em: 10 ago. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MIGUEL, Laís Mourão. **Uso sustentável da biodiversidade na Amazônia brasileira**: experiências atuais e perspectivas das bioindústrias de cosméticos e fitoterápicos, 2007. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-13052008-154603/publico/mestrado\\_lais\\_mourao\\_miguel.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-13052008-154603/publico/mestrado_lais_mourao_miguel.pdf). Acesso em: 9 maio 2024.

MORAIS, Luiz Roberto Barbosa. **Química de oleaginosas, valorização da biodiversidade amazônica – Chemistry of vegetable oils**: valorization of the Amazon biodiversity. Traduzido por Ekkehard Gutjahr. Belém, PA: Ed. do Autor, 2012. (Oleaginosas).

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia científica**: um manual para a realização de pesquisas em Administração. Catalão, GO: UFG, 2011. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/567/o/Manual\\_de\\_metodologia\\_cientifica\\_-\\_Prof\\_Maxwell.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/webby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf). Acesso em: 10 ago. 2024.

OLIVEIRA, W. S. de; SILVA, J. A. M. da; ROCHA, C. A. M. Prospecção Científica e Tecnológica da Utilização do Óleo de Pracaxi. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 5, p. 1.560-1.571, dezembro, 2019. DOI: 10.9771/cp.v12i5.32629. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/32629>. Acesso em: 10 ago. 2024.

ORBIT INTELLIGENCE. **What's happening on Orbit? Click here to discover the new features!** 2024. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 8 maio 2024.

PEREIRA, M. L. A.; BARBALHO, C. R. S. Prospecção Tecnológica da Copaíba como Insumo Vegetal: explorando aplicações específicas nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 3, p. 946-961, julho a setembro de 2024. DOI: 10.9771/cp.v17i3.59331. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/59331>. Acesso em: 10 ago. 2024.

QLIK. **Qlik Sense**. Versão 2024. São Paulo: Qlik, 2024. Software. Disponível em: <https://www.qlik.com/pt-br/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. del P. B. **Metodologia de Pesquisa**. Tradução: Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, Marcelo Elias dos Santos. **Desenvolvimento sustentável e o fornecimento de produtos da biodiversidade nas comunidades tradicionais da Amazônia**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.96.2020.tde-18122019-152028>. Acesso em: 8 maio 2024.

TEIXEIRA, Luciene Pires. **Prospecção Tecnológica**: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/981247/1/doc317.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2024.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000

VIEIRA, M. M. F.; ZOUAIN, D. M. (org.). **Pesquisa Qualitativa em Administração**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

## Sobre os Autores

### Patricia de Oliveira Dantas

E-mail: [dantas.patricia881@gmail.com](mailto:dantas.patricia881@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6662-6602>

Mestranda em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação. Bacharel em Administração pela Universidade Federal do Amazonas em 2009.

Endereço profissional: Rua Yokohama, n. 5, Quadra I, Parque 10 de Novembro, Manaus, AM. CEP: 69054-298.

**Dalton Chaves Vilela Junior**

*E-mail:* daltonvilela@ufam.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1934-7886>

Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2010.

Endereço profissional: Av. Gen. Rodrigo Octávio, n. 6.200, Coroado I, Prédio da FES, 1º andar, Setor Norte, Câmpus Universitário, Manaus, AM. CEP: 69080-900.

# Uso de Pigmentos de Origem Vegetal em Cosméticos

## *Use of Plant-Derived Pigments in Cosmetics*

Heloisa Cranchi Pazetto<sup>1</sup>

Mateus Freire Leite<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, Brasil

### Resumo

Na indústria de cosméticos, o uso de pigmentos para produtos de maquiagem é de grande importância, e, entre esses pigmentos, o estudo destaca os de origem natural. O objetivo deste estudo foi realizar uma prospecção tecnológica de documentos patentários referentes ao uso de pigmentos naturais de origem vegetal para aplicação cosmética utilizando o Espacenet como fonte de dados. Foram feitas análises em relação à evolução anual de depósitos, à questão geográfica, ao *status* legal, aos titulares e inventores de tecnologias e à Classificação Internacional de Patentes (CIP). Foi possível compreender a tendência do mercado para a utilização de pigmentos naturais, identificando como primeiro documento em 1981. O ano de 2019 trouxe 38 documentos, sendo 23,72% concedidos e 42,29% descontinuados. A China é o principal território de prioridade, com 206 documentos, A61K8/9789 é o principal domínio tecnológico e Wild Flavors lidera o *ranking* de titulares de patentes.

Palavras-chave: Cosméticos; Pigmento natural.

### Abstract

In the cosmetics industry, the use of pigments in makeup products is of great importance. Among these pigments, the study highlights those of natural origin. The objective of this study was to conduct a technological prospecting of patent documents related to the use of natural plant-derived pigments for cosmetic applications, using Espacenet as the data source. Analyses were conducted on the annual evolution of filings, geographic distribution, legal status, patent holders and inventors, and international patent classifications. The study revealed the market trend for natural pigments, with the first document from 1981 and the year 2019 having 38 documents, of which 23.72% were granted and 42.29% discontinued. China is the leading priority territory with 206 documents, A61K8/9789 is the main technological domain, and Wild Flavors leads the ranking of patent holders.

Keywords: Cosmetics; Natural pigment.

Área Tecnológica: Tecnologia de Cosméticos.



# 1 Introdução

A indústria de cosméticos brasileira vem ganhando reconhecimento mundial, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC, 2024). Em 2023, essa indústria atingiu o recorde com US\$911,2 milhões com alta de 17,4% em exportações e US\$ 830,4 milhões em importações, gerando aumento de 12,1%. Com um crescimento de 130,2% sobre 2022. Entretanto, essa expansão encontra desafios relacionados sobretudo às regulamentações e às normas de legislação, uma vez que a clareza sobre a origem das matérias-primas, a sustentabilidade e as práticas éticas de comunicação são fundamentais para uma internacionalização e para o crescimento comercial (Garcia, 2005).

O Brasil, atualmente, está na terceira posição do *ranking* mundial de consumidores de produtos cosméticos, ocupando a sexta posição em consumo de produtos de maquiagem, o que nos faz perceber a importância desse setor dentro do mercado brasileiro. Também é possível notar uma necessidade presente no setor de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos em cuidados com o meio ambiente, que levam em consideração a utilização sustentável de ativos disponíveis e a responsabilidade socioambiental (ABIHPEC, 2024).

O uso de cosméticos que proporcionam cuidado dermatológico vem progredindo anualmente, principalmente por uma abordagem vinda do *marketing* que incentiva a população a ter mais preocupação em cuidados com a pele. Com isso, houve um crescimento da produção de cosméticos com desenvolvimento tecnológico para manter a aparência saudável e jovial (Ferreira; Rodrigues, 2024). Entretanto, o uso regular de certos componentes das formulações pode gerar o aumento de reações adversas locais, como irritação, fotorreações e sensibilidade da pele (Morocho-Jácome *et al.*, 2020).

Destaca-se que os biocosméticos, ou seja, os cosméticos produzidos com substâncias naturais, ganharam destaque na década de 1970 como alternativas que não causassem danos ambientais e nem à saúde humana. Surgiram, então, os cosméticos naturais e orgânicos como uma opção para atender às necessidades de bem-estar pessoal, evitando os problemas associados às substâncias químicas dos cosméticos convencionais (Simões; Schenkel, 2002).

Entre esses componentes estão presentes aditivos de coloração, como pigmentos, que em sua maioria são sintéticos, mas, com o aumento de problemas dermatológicos relacionados ao seu uso, há um esforço para a sua substituição por pigmentos naturais (Boo *et al.*, 2012). Em resposta a essa crescente demanda, surgem tecnologias para aumentar o rendimento e trazer maior estabilidade aos pigmentos naturais (Da Silva Neto *et al.*, 2020). A utilização de frutos e seus subprodutos são fontes ricas de antocianinas, betalainas, carotenoides e clorofilas, caracterizadas como produtos do metabolismo secundário dos frutos. Os resíduos, geralmente sementes, bagaços e cascas apresentam grande potencial de atividade antioxidante e fonte de material corante (Sharma *et al.*, 2021). A utilização do pigmento de *Lycium barbarum* para preparação de um batom antioxidante e hidratante, sendo indicado para áreas secas com alta incidência de radiação ultravioleta (Ma; Li; Kong, 2020) exemplifica um possível uso multifuncional desses produtos.

O uso de pigmentos naturais pode ser proveniente de três grandes grupos, de forma resumida, os produtores de pigmentos microbiológicos são fungos, leveduras e bactérias, os quais produzem de forma natural pigmentos comuns na natureza; entre eles, estão presentes moléculas como flavinas, quinonas e carotenoides e de forma mais específica monascinas,

violaceínas e índigo (Meinicke, 2008). Já em relação aos pigmentos oriundos de animais, há uma representação principalmente de insetos, tal como o pigmento conhecido como carmim de cochonilha, sendo extraído de um inseto de mesmo nome (Vigneshwaran *et al.*, 2023). O outro grande representante do grupo são plantas, sendo que sua maior produção vem de metabólitos secundários conhecidos usualmente como fitoquímicos. Esses pigmentos podem ser produzidos em diversas partes das plantas. As principais classes presentes nesses compostos incluem antocianinas, carotenoides, betalaínas, clorofilas, licopenos e flavonas (Vigneshwaran *et al.*, 2023). No decorrer da história, é possível observar o uso de corantes naturais para pinturas corporais (Simão *et al.*, 2019) por serem livres de conservantes artificiais se apresentarem de forma mais suave com a pele e os cabelos (Lyrio *et al.*, 2011). Entretanto, a coloração pode ser instável quando submetidos à alta temperatura, à luminosidade ou à variação de pH, havendo a necessidade de serem realizadas pesquisas e inovações, como a nanotecnologia e o encapsulamento, a fim de melhorar a estabilidade (Paolini, 2022).

Tendo em vista as principais informações, o presente estudo teve como principal objetivo realizar um mapeamento patentário de tecnologias com aplicações de pigmentos de origem vegetal para o desenvolvimento de produções cosméticas, ou que levem a esse fim.

## 2 Metodologia

A busca foi realizada na base de dados patentários Espacenet (European Patent Office) com o intuito de recuperar o maior número de documentos para mapeamento das tecnologias que envolvem pigmentos de origem vegetal, preferencialmente de frutos, em cosméticos.

Os termos utilizados como palavras-chave foram traduzidos para o inglês e combinados com a intenção de se recuperar um certo número de documentos compatíveis com o escopo da pesquisa. Tais termos foram: *pigment*, *fruit\**, *cosmetic\**, *dye\**. Já os Códigos de Classificação Internacional de Patentes (CIP) foram A61Q1, A61Q, A23L19, C09B61. Essas buscas foram realizadas no campo do título, resumo ou reivindicações, com o propósito de recuperar documentos patentários.

Os códigos de classificação internacional são compreendidos como “A61Q”, sendo “Ciência médica ou veterinária; higiene para uso específico de cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal”. O código “A61Q1” compreende uma subclasse de preparações para maquiagem; pós para o corpo e preparações para remover maquiagem. Já o código de classificação “A23L19” compreende a classe de “Produtos à base de frutas ou legumes; seu preparo ou tratamento”. Por fim, o código “C09B61” é compreendido como sendo “Corantes de origem natural preparados a partir de fontes naturais”. Os dados recuperados, identificados dentro do escopo do tema, foram analisados qualitativamente, de modo a excluir os documentos patentários que estivessem fora do escopo do presente estudo, bem como para a exclusão daqueles duplicados. Foram analisados: tendência histórica, para avaliar o crescimento do número de patentes ao longo do tempo, utilizando o ano de depósito das patentes; *status* legal; análise geográfica, que identifica os principais territórios de interesse na proteção que estão participando ativamente no desenvolvimento da tecnologia em estudo; inventores; detentores de tecnologia, para identificar as empresas e/ou as instituições que depositam as patentes da tecnologia em estudo, ou seja, os detentores de tecnologia, de modo que se possa visualizar possíveis candidatos a acordos

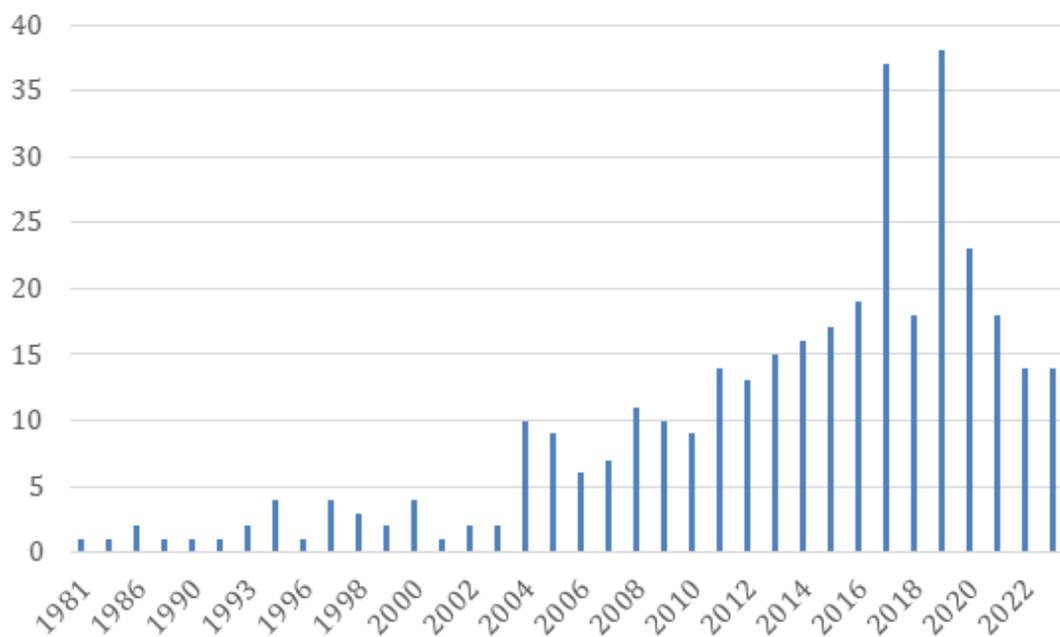
futuros; Classificação Internacional de Patentes (CIP), que oferece ferramentas para facilitar a localização dos documentos patentários, definindo os principais domínios tecnológicos envolvidos no escopo deste estudo.

O processo de coleta de dados ocorreu nos meses de março a maio de 2024, e os resultados obtidos foram exportados e processados adequadamente por meio do *software* Microsoft Office Excel.

### 3 Resultados e Discussão

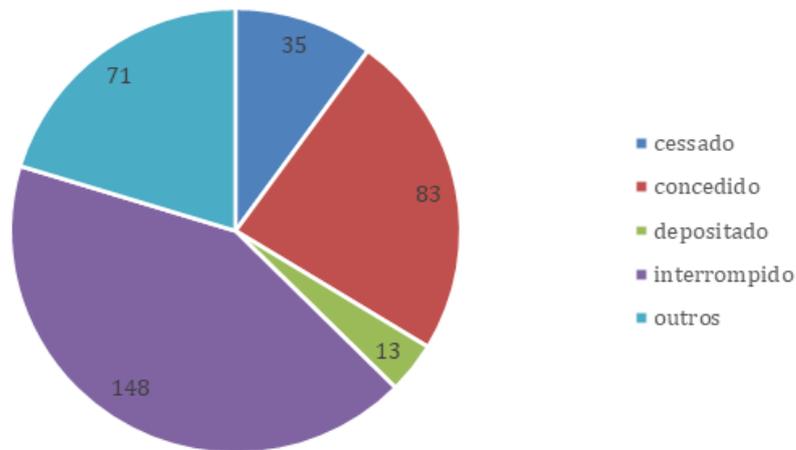
Após a realização das buscas dos documentos patentários no Espacenet, foram encontrados 351 documentos dentro do escopo delimitado, sendo que os resultados obtidos apontam um maior interesse na inovação ao longo dos anos. A Figura 1 ilustra a evolução de depósitos anuais de 1981 a 2022. É possível analisar que ocorre um crescimento progressivo a partir de 2012. Pode-se observar um declínio dos depósitos no ano de 2018, com 18 pedidos, com uma crescente em 2019 com 38 documentos, sendo este o ano com destaque de maior número de documentos, e 23 em 2020.

**Figura 1** – Evolução anual de depósitos por ano de publicação



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Após a análise de todos os documentos patentários acessados, determinou-se o *status* legal de cada um deles. A Figura 2 demonstra a análise dos documentos dentro do escopo daqueles que se apresentam vigentes, documentos que estão revogados e aqueles que não se apresentam concedidos. Assim, nota-se que 42,29% dos depósitos de patentes registrados tiveram seu pedido interrompido e 23,72% dos depósitos foram concedidos, além de 10% dos depósitos terem sido cessados.

**Figura 2** – Status legal das patentes

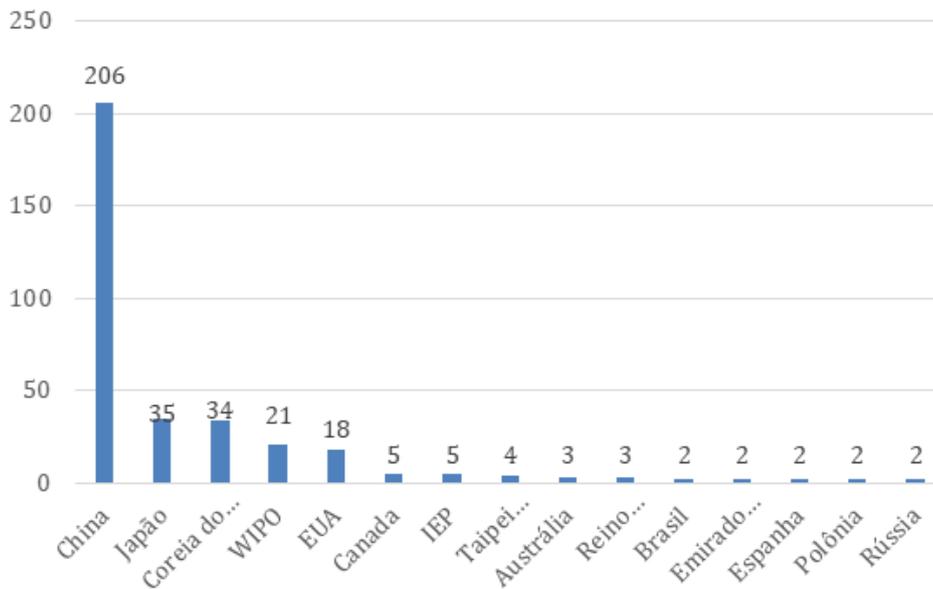
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2017) indica patente como uma representação da fomentação de inovação tecnológica ao encorajar o investimento das organizações no avanço de novas tecnologias e produtos. Adicionalmente, salienta-se que uma patente detém validade exclusivamente nos países onde é solicitada e obtida sua proteção legal; assim, quanto maior o número de territórios nos quais a patente é registrada, maior é sua abrangência e proteção legal.

Atualmente, a legislação de patentes no Brasil é regida principalmente pela Lei de Propriedade Industrial (Lei n. 9.279/96), que estabelece os critérios e os procedimentos para a concessão de patentes no país. De acordo com essa lei, para uma invenção ser patenteável, ela deve atender aos requisitos de novidade, atividade inventiva, aplicação industrial e utilidade, conforme estabelecido nos artigos 8º e 9º do documento. Esses critérios refletem os princípios gerais do sistema de patentes, garantindo que apenas para invenções verdadeiramente novas, inventivas e úteis sejam concedidas proteção legal.

O abandono de patentes está geralmente ligado ao titular do pedido e pode ser considerado quando ocorre a identificação de inviabilidade ou o baixo potencial mercadológico, a própria propriedade intelectual como custo, cobertura geográfica, tipo de proteção, mérito técnico e recursos da agência. A Universidade King's College de Londres (KCL) e a Universidade de Toronto (UofT) embasam suas decisões de abandono de patentes em múltiplas fontes de informação. Ambas as instituições levam em consideração as repetidas manifestações de desinteresse por parte de empresas e de outras instituições em explorar comercialmente a invenção protegida, além das justificativas e das declarações dos próprios inventores da patente. Além dessas abordagens, a KCL emprega a elaboração de pareceres técnicos, redigidos por uma equipe interna composta de cinco Gerentes de Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia que recorrem a uma equipe externa de consultores independentes, remunerados, para realizar análises de mercado e valoração da tecnologia (Ziomkowski; Gonçalves; Matei, 2021).

Na Figura 3, é possível observar os principais territórios de publicação de pedidos de patentes, envolvendo o uso de pigmentos provenientes de origem vegetal para aplicação em cosméticos. Em primeiro lugar, destaca-se a China com número expressivo de 206 documentos patentários na área, seguida pelo Japão com 35 depósitos e a Coreia do Sul com 34 documentos.

**Figura 3** – Número de documentos de patentes por território de publicação

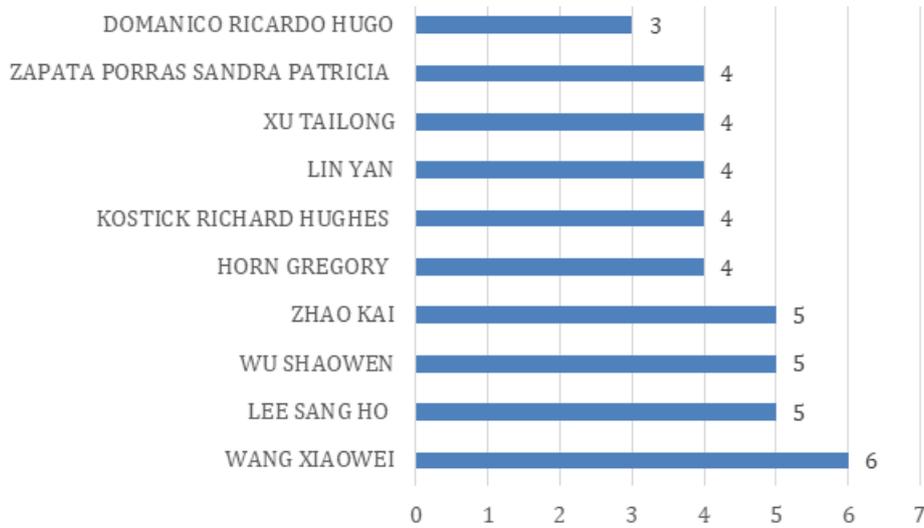
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

O Brasil aparece apenas na 11ª posição com dois documentos patentários, apesar de apresentar uma das maiores biodiversidades do mundo. Um desses documentos patentários é de titularidade de uma Universidade, evidenciando como o incentivo à inovação no ambiente acadêmico traz avanços tecnológicos ao país. A biodiversidade do Brasil oferece uma variedade de espécies de plantas e frutos que apresentam grande potencial para o desenvolvimento de pigmentos naturais. A obtenção desses pigmentos naturais pode potencializar seu uso em diversas aplicações, desde alimentos até produtos farmacêuticos e, em especial, produtos cosméticos. Esse avanço significativo não apenas apresentaria perspectivas de promoção na saúde humana, graças às propriedades benéficas desses pigmentos ou não malélicas, como também colocaria o Brasil em uma posição de destaque no mercado global (Santos; Oliveira; Roque, 2016).

Segundo Scudeler e Oliveira (2013), o cenário de patentes no Brasil revela que, embora o país tenha um grande potencial devido à sua rica biodiversidade, ainda enfrenta desafios no desenvolvimento de patentes, especialmente no setor de pigmentos naturais. Enquanto isso, países como Japão e China têm avançado significativamente na criação e na proteção de patentes nesse ramo, aproveitando suas fortes políticas de inovação e de investimento em pesquisa. Nesse contexto, os documentos patentários se apresentam como forma de concretizar inovações, consolidando seu valor e contribuindo para seu progresso econômico e tecnológico (Casemiro; Carmo, 2024).

Com relação aos inventores de patentes com maior destaque, pode-se identificar Wang Xiwei com seis depósitos e Zhao Kai com cinco. É possível observar na Figura 4 os dez inventores que mais depositaram pedidos de patentes na área desde 1981.

**Figura 4** – Ranking dos inventores que mais depositaram patentes na área



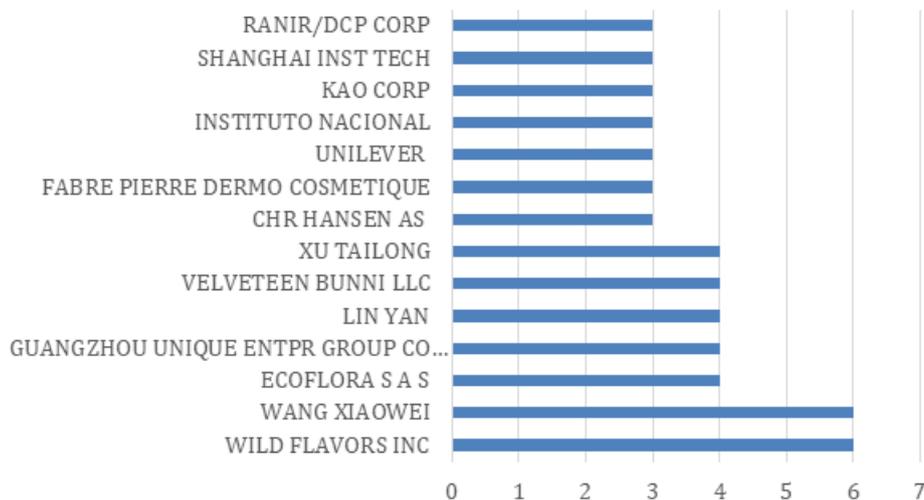
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Wang Xiaowei apresentou-se como inventora de um total de seis patentes, com foco principal no tingimento de cabelos, utilizando pigmentos de origem vegetal, além de abordar uma estratégia antibacteriana. Em suas patentes, Xiaowei (2014a, 2014b, 2014c, 2014d, 2014e, 2014f) destacou o fruto da amoreira, amora, como um dos principais componentes para a tintura. É importante ressaltar que, apesar dos documentos patentários terem sido publicados em 2014, nenhum dos pedidos de patente foi concedido; todos foram descontinuados após a análise, resultando na retirada desses pedidos.

A amora é uma presença significativa em muitos dos documentos analisados, destacando-se pelo seu principal pigmento, a antocianina. Esse composto natural hidrossolúvel é responsável por uma variada gama de cores, que vão desde o azul ao vermelho e violeta, dependendo do pH do meio em que se encontra. Além de suas notáveis propriedades de coloração, a amora também se destaca por sua atividade antioxidante (Wosiacki *et al.*, 2015).

Na Figura 5 estão apresentados os principais titulares de documentos patentários.

**Figura 5** – Principais titulares de patentes desde 1981



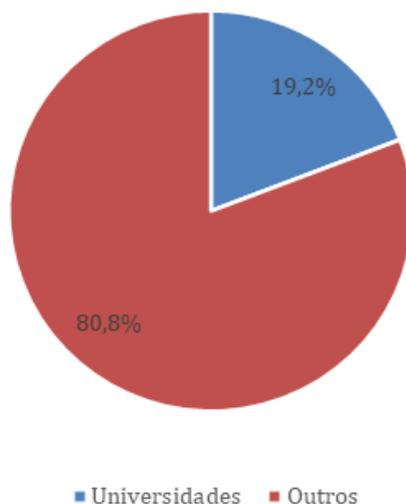
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

A Wild Flavors Inc. lidera a lista, demonstrando seu compromisso com a inovação na indústria de alimentos, bebidas e cores e apresentando um total de seis documentos de patentes. Como líder global, sua linha de produtos abrange uma variedade impressionante de sabores naturais, extratos de plantas, corantes naturais, adoçantes naturais e ingredientes funcionais. Um dos principais pilares da empresa é sua busca incessante por inovações em ingredientes naturais e práticas sustentáveis, reforçando seu papel de destaque no mercado e o compromisso com a qualidade e a responsabilidade ambiental (Adm-Wild, 2024). A Wild Flavors Inc. enfatizou o uso da genipina em seis documentos de patentes de sua titularidade recentemente publicados (Wu Shaowen *et al.*, 2009, 2011, 2014, 2017, 2019; Horn *et al.*, 2020).

Esse composto orgânico, encontrado em diversas fontes vegetais, é especialmente destacado nas patentes da família Rubiaceae. O jenipapo é de origem da América Central, tendo sua disseminação feita principalmente em regiões tropicais, como a região amazônica no Brasil (Dos Santos-Serejo *et al.*, 2009). Com suas propriedades naturais, a genipina tem sido explorada como um corante versátil em uma variedade de aplicações, incluindo cosméticos. Sua tonalidade azulada ou roxa a torna uma opção atraente para produtos que buscam ingredientes naturais e cores vibrantes. Além de sua utilização como corante, a genipina pode oferecer propriedades antioxidantes e antimicrobianas, ampliando suas possíveis aplicações em diferentes setores (Bellé, 2017). Em uma patente de 2009, o uso da precipitação de jenipapo, extrato de *Genipa americana*, serve para obtenção de substâncias insolúveis na aplicação em composições cosméticas, farmacêuticas, têxteis, alimentícias, tintas e vernizes (Roesler; Ferrari; De Souza Ferreira, 2009). Nesse documento, os inventores ressaltam o documento de Lopes (2000), que se refere à obtenção de extratos de tingimento e posterior modificação com extrato de tanino, tornando o corante extrato vegetal mais estável para aplicação na forma solúvel em água e em composições cosméticas.

Para que uma empresa se torne inovadora, é crucial realizar esforços contínuos nos processos de planejamento e implementação de tecnologias. Isso aumenta a probabilidade de sucesso de seus produtos. Além disso, para viabilizar o desenvolvimento tecnológico, é fundamental que os pesquisadores estejam atentos às várias etapas essenciais para a concretização dos novos produtos (Karklis; Angeli; Carmo, 2020). Outro ponto importante para ser apontado, uma vez que este artigo é produzido dentro do âmbito acadêmico, é a presença de universidades e de instituições de ensino como titulares de documentos patentários. Na Figura 6, é possível verificar que 19,2% dos documentos de patente, dentro do escopo deste estudo, são de titularidade de instituições acadêmicas.

**Figura 6** – Participação acadêmica na titularidade dos documentos patentários

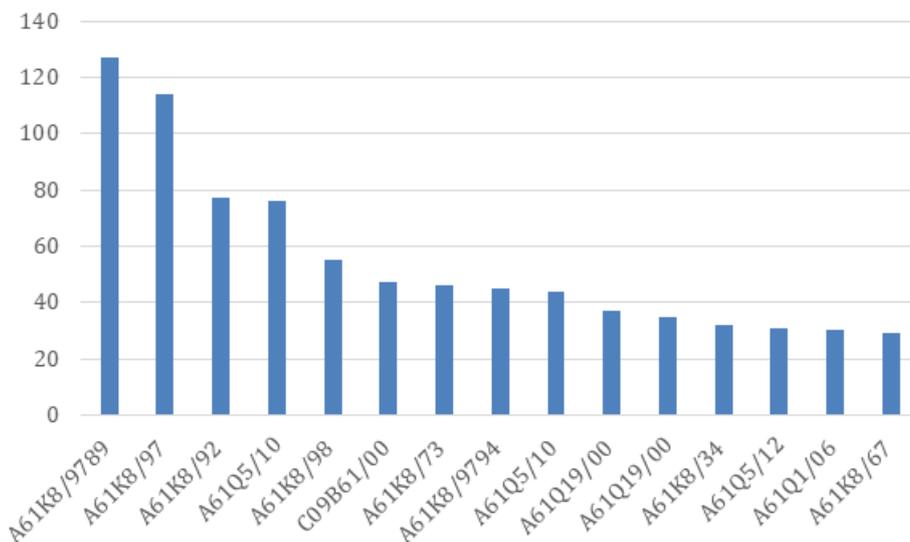


Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

As universidades têm um papel importante em fortalecer a economia baseada no conhecimento, já que as inovações e as descobertas são as grandes impulsionadoras no desenvolvimento dos países. Especificamente em relação às patentes, é crucial que essas ideias sejam compartilhadas com a sociedade para que realmente possam gerar inovação. O objetivo das políticas de patentes das universidades brasileiras é encontrar um equilíbrio entre as necessidades dos inventores, das universidades, dos financiadores de pesquisa e do público em geral (Ribeiro; Frey; Azevedo, 2022).

Outro parâmetro analisado foi o depósito pela Classificação Internacional de Patentes (CIP), que apresenta a caracterização de patentes em oito seções, levando em consideração suas respectivas áreas tecnológicas. A Figura 7 relaciona os códigos CIP mais citados nos documentos selecionados.

**Figura 7** – Classificação Internacional de Patentes (CIP) que mais apareceram nos documentos patentários



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

O código que mais aparece nos documentos é o A61K8/9789, descrito como “Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou de higiene pessoal em especial cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal de Magnoliopsida”. Esse código aparece em 127 documentos sobre o uso de pigmentos de origem vegetal. O segundo código que mais aparece é o A61K8/97, que, pela descrição do Espacenet, compreende a “Preparações para finalidades médicas, odontológicas ou de higiene pessoal em especial cosméticos ou preparações similares para higiene pessoal de derivados de algas, líquens, fungos ou plantas; derivados dos mesmos”, aparecendo em 114 documentos. Ambos os códigos patentários refletem uma tendência da indústria de cosméticos e de higiene pessoal em direção ao uso de ingredientes naturais, ilustrando uma mudança significativa em direção a produtos derivados de fontes naturais, impulsionados pela inovação e pelo desenvolvimento de novas formulações que aproveitem as propriedades benéficas e seus pigmentos.

## 4 Considerações Finais

Em conclusão, a propriedade intelectual e a indústria cosmética são extremamente relevantes para o desenvolvimento e a proteção de inovações. Isso destaca a importância do tema discutido neste trabalho, que apresentou uma prospecção tecnológica de patentes na área cosmética, focado no uso de pigmentos provenientes de frutos.

Dessa forma, foi possível observar a relevância das universidades em pesquisa sobre o assunto, já que 19,2% dos documentos pesquisados são de titularidade dessas instituições. No entanto, a empresa Wild Flavors lidera este *ranking* e, do total de documentos recuperados, 23,72% foram concedidos e 42,29% foram descontinuados, tendo sido A61K8/9789 o principal domínio tecnológico.

A internacionalização dos cosméticos brasileiros, especialmente aqueles que utilizam pigmentos naturais provenientes da biodiversidade do país, exige que as empresas invistam em pesquisa, inovação e estratégias de mercado. Políticas públicas e parcerias público-privadas são essenciais para apoiar essas empresas, consolidando o Brasil como um *player* global e ampliando os benefícios econômicos dessa expansão (De Lyra; Gutierrez; Lopes, 2024).

## 5 Perspectivas Futuras

O futuro do uso de pigmentos naturais em cosméticos promete uma ampla gama de possibilidades, especialmente no que diz respeito à variedade de pigmentos de origem vegetais disponíveis. Com uma vasta diversidade de plantas ao redor do mundo, há uma riqueza de cores e tonalidades que podem ser extraídas para uso cosmético. Além disso, o avanço da tecnologia de extração está permitindo a obtenção de pigmentos de origem vegetal com maior pureza e estabilidade, ampliando ainda mais as opções disponíveis para os formuladores de cosméticos. Essa diversidade de pigmentos naturais e vegetais não apenas pode oferecer uma paleta mais ampla de cores, mas também pode proporcionar benefícios adicionais, como propriedades antioxidantes, hidratantes e calmantes, agregando valor aos produtos cosméticos finais.

O desenvolvimento da indústria de cosméticos brasileira se apresenta como uma oportunidade de fortalecimento econômico nacional. O crescente interesse dos consumidores por práticas

sustentáveis vem impulsionando cada vez mais a busca por matérias-primas naturais. Para tanto, o desenvolvimento de formulações sustentáveis que se utilizem de novas espécies de plantas no Brasil representa uma oportunidade única de impulsionar a pesquisa e o desenvolvimento de pigmentos naturais. Ao reduzir os custos associados e potencializar seu uso, essa abordagem não apenas promete avanços significativos na inovação cosmética, mas também coloca o país em uma posição estratégica no cenário mundial de bioprodutos pela sua biodiversidade.

Portanto, conduzir uma investigação tecnológica nesse foco industrial poderá consolidar o país em uma posição de importância dentro do mercado mundial de cosméticos e colocá-lo em destaque no requisito sustentabilidade e inovação.

## Agradecimentos

Os autores do trabalho agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro concedido.

## Referências

ABIHPEC – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do setor de HPPC**, 2024. Disponível em: [https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2024/02/Panorama\\_do\\_Setor-Atualizacao\\_11-07-24.pdf](https://abihpec.org.br/site2019/wp-content/uploads/2024/02/Panorama_do_Setor-Atualizacao_11-07-24.pdf). Acesso em: 23 jul. 2024.

ADM-WILD. **ADM's WILD brand**, c2024. Disponível em: <https://www.adm.com/en-us/standalone-pages/adm-wild/>. Acesso em: 31 ago. 2024.

BELLÉ, Anelise Stein. **Extração de genipina a partir do jenipapo (genipa americana linnaeus) para imobilização de enzimas**. [S.l.: s.n.]: 2017.

BOO, H. *et al.* Extração e caracterização de alguns pigmentos vegetais naturais. **Culturas e Produtos Industriais**, [s.l.], v. 40, p. 129-135, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2012.02.042>.

BRASIL. **Nova lei da propriedade industrial**: Lei n. 9.279, de 14 de maio de 1996. São Paulo: WVC, 1998.

CASEMIRO, Ítalo de P.; CARMO, F. L. do. Interesses Mercadológicos Asiáticos no Brasil: um levantamento dos pedidos de patentes oriundas da China, Japão e Coreia do Sul. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 1, p. 98-114, 2024. DOI: [10.9771/cp.v17i1.56505](https://doi.org/10.9771/cp.v17i1.56505).

COSTA, A. M. de S. *et al.* Prospecção das Tendências de Uso do Murumuru (*Astrocaryum Murumuru*), Verificando as Diversas Possibilidades de sua Aplicação por meio de Pesquisa em Bases Patentárias e não Patentárias. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 554-570, 2024. DOI: [10.9771/cp.v17i2.56170](https://doi.org/10.9771/cp.v17i2.56170).

CRIVELARI, M. L. *et al.* Prospecção Tecnológica sobre Antissépticos Bucais Sólidos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 6, p. 2.017-2.030, 2023. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v16i6.50797>.

- DA SILVA NETO, Irineu Ferreira *et al.* Utilização da uva como fonte de corante natural: uma revisão integrativa. **Revista Ciência (In)Cena**, [s.l.], v. 2, n. 7, 2020.
- DE LYRA, R. L.; GUTIERRES, V. A.; LOPES, G. T. Internacionalização dos Cosméticos e sua Relação com a Economia Brasileira. **Ciências Sociais Aplicadas**, [s.l.], v. 28, ed. 135, junho de 2024. DOI: 10.5281/ZENODO.11506756.
- DE OLIVEIRA, Ricardo *et al.* The chemistry and toxicity of hair dyes. **Química Nova**, [s.l.], v. 37, p. 1.037, 2014. DOI: 10.5935/0100-4042.20140143.
- DOS SANTOS-SEREJO, J. A. *et al.* **Fruticultura tropical**: espécies regionais e exóticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.
- DUQUE VIEIRA LUNA MAYERHOFF, Z. Uma Análise sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 7-9, 2009. DOI: 10.9771/cp.v1i1.3538.
- FERREIRA, C.; RODRIGUES, A. M. X. Cosméticos à Base de Cannabis Sativa: uma prospecção tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 1, p. 48-63, 2024. DOI: 10.9771/cp.v17i1.55463.
- GARCIA, R. Internacionalização comercial e produtiva na indústria de cosméticos: desafios competitivos para empresas brasileiras. **Production**, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 158-171, ago. 2005.
- HORN, Gregory *et al.* **Natural Colorants and Processes of Making the Same**, **JP2020073699A JP7090658B2**. 2020. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DJP2020073699A>. Acesso em: 24 jul. 2024.
- INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **Manual para Depositante de Patentes**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/patentes/arquivos/ManualparaoDepositantedePatentesagosto2017.pdf/view>. Acesso em: 24 jul. 2024.
- KARKLIS, T. M.; ANGELI, R.; CARMO, F. L. do. Monitoramento Tecnológico de Patentes da Área Cosmética Voltadas para a Pele. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 5, p. 1543, 2020. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v13i5.35547>.
- LOPES, Eber Ferreira. **Processo de fabricação de extratos vegetais corantes modificados com extrato de tanino, PI 0005165-9 A2**. 2000. Disponível em: <https://www.escavador.com/patentes/226072/processo-de-fabricacao-de-extratos-vegetais-corantes-modificados-com-extrato>. Acesso em: 24 jul. 2024.
- LYRIO, E. S. *et al.* Recursos vegetais em biocosméticos: conceito inovador de beleza, saúde e sustentabilidade. **Natureza on-line**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 47-51, 2011.
- MA, Xueyan; LI, Shengfang; KONG, Xiangjun. **Antioxidant moistening lipstick containing lycium pigment and sea buckthorn oil and preparation method of lipstick, CN111249186A**. 2020. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/070946150/publication/CN111249186A?q=pn%3DCN111249186A>. Acesso em: 24 jul. 2024.
- MEINICKE, R. M. **Estudo da produção de pigmentos por Monascus ruber CCT 3802 utilizando glicerol como substrato em cultivo submerso**. [S.l.: s.n.], 2008.
- MOROCHO-JÁCOME, A. L. *et al.* Aspectos (Bio)Tecnológicos de pigmentos de microalgas para cosméticos. **Appl Microbiol Biotechnol**, [s.l.], v. 104, p. 9.513-9.522, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10936-x>.

PAOLINI, Nicolas. **Produção de Colorantes Naturais**. [S.l.: s.n.], 2022.

PRIYA, M.; RAJAN, P. C. Uso de Pigmentos Naturais como corantes em cosméticos – uma revisão. **Jornal de Tecnologias Emergentes e Pesquisas Inovadoras**, [s.l.], 2020.

RIBEIRO, M. E.; FREY, I. A.; AZEVEDO, P. Classificação das Patentes em Universidades Federais na Escala TRL (Technology Readiness Level): estudo de caso a partir da Norma ISO 16290:2013. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 1, p. 117-130, 2022. DOI: 10.9771/cp.v15i1.42173.

ROESLER, Roberta; FERRARI Cintia Rosa; DE SOUZA FERREIRA, Cinthia Fernanda. **Natura Cosmetics AS, A Process For Obtaining Insoluble Substances From Genipap-Extract Precipitates, Substances From Genipap-Extract Precipitates and their Uses, CA2756059A1**. 2009. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/publication/CA2756059A1>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SANTOS, P. O. dos; OLIVEIRA, L. K. X. de; ROQUE, M. R. de A. Mapeamento Tecnológico dos Pigmentos Naturais. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 121, 2016. DOI: <https://doi.org/10.9771/s.cprosp.2016.009.014>.

SCUDELER, M. A.; OLIVEIRA, M. C. S. C. A Contribuição do Sistema de Patentes para o desenvolvimento econômico e tecnológico: uma análise sumária do perfil inovativo do país a partir dos depósitos de patente perante o INPI. **Propriedade Intelectual**, [s.l.], cap. 2, p. 30-55, 2013.

SHARMA, M. *et al.* Valorização de resíduos e subprodutos de frutas e vegetais para produção de pigmentos naturais. **Revisões Críticas em Biotecnologia**, [s.l.], v. 41, p. 535-563, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/07388551.2021.1873240>.

SHAOWEN, Wu *et al.* **Genipin-Rich Material and Its Use, EA028521B1, EA201490824A1**. 2017. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DEA028521B1>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SHAOWEN, Wu *et al.* **Method for Preparing a Colorant from a Genipin-Rich Extract of Genipa Americana, EP3427598A1 EP3427598B1**. 2019. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DEP3427598A1>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SHAOWEN, Wu *et al.* **Stable natural color process, products and use thereof, CN102014670A**. 2011. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/publication/CN102014670A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SHAOWEN, Wu *et al.*, **Stable Natural Color Process, Products and Use Thereof, US2009246343A1 US8557319B2**. 2009. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/publication/US2009246343A1>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SHAOWEN, Wu *et al.* **Wild Flavors Inc, Method of Preparing Juice-Based Stable Natural Colors, Colors and Edible Materials Containing Them, EA020098B1 EA201071136A1**. 2014. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/040756974/publication/EA020098B1?q=pn%3DEA020098B1>. Acesso em: 24 jul. 2024.

SIMÃO, D. *et al.* **Cosmetologia Aplicada I**. 1. ed. Porto Alegre: SAGAH – Soluções Educacionais Integradas, 2019.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P. A pesquisa e a produção brasileira de medicamentos de plantas medicinais: a necessária interação da indústria com a academia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 35-40, 2002.

VIGNESHWARAN, L. V. *et al.* Uma revisão sobre corantes naturais usados em cosméticos. **Pesquisa Atual em Ciências Farmacêuticas**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 83-92, julho de 2023. DOI: 10.24092/CRPS.2023.130201.

XIAOWEI, W. **Castor-oil plant natural antibacterial nutritional hair dye, CN104257568A**. 2014a. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052149232/publication/CN104257568A?q=pn%3DCN104257568A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

XIAOWEI, W. **Cellulose-acetate-containing organic antibacterial nutrition hair dye, CN104224654A**. 2014b. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052214146/publication/CN104224654A?q=pn%3DCN104224654A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

XIAOWEI, W. **Nano-nickel inorganic, antibacterial and nutritional hair dye, CN104257572A**. 2014c. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052149236/publication/CN104257572A?q=pn%3DCN104257572A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

XIAOWEI, W. **Natural, antibacterial and nutritional horseradish hair dye, CN104257570A**. 2014d. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052149234/publication/CN104257570A?q=pn%3DCN104257570A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

XIAOWEI, W. **Natural, antibacterial and nutritional mustard oil hair dye, CN104257571A**. 2014e. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052149235/publication/CN104257571A?q=pn%3DCN104257571A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

XIAOWEI, W. **Povidone-iodine organic antibacterial nutrition hair dye, CN104434718A**. 2014f. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/052881989/publication/CN104434718A?q=pn%3DCN104434718A>. Acesso em: 24 jul. 2024.

WOSIACKI, Gilvan *et al.* **Antocianinas de Amora Brazo**: extração, estabilidade e copigmentação. [S.l.: s.n.], 2015.

ZIOMKOWSKI, P.; GONÇALVES, A. N.; MATEI, A. P. Critérios Adotados por Universidades Públicas Brasileiras para a Manutenção ou o Abandono de Patentes. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 2, p. 364, 2021. DOI: 10.9771/cp.v14i2.33112.

## Sobre os Autores

### Heloisa Cranchi Pazetto

E-mail: [heloisa.pazetto@sou.unifal-mg.edu.br](mailto:heloisa.pazetto@sou.unifal-mg.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-9425-3318>

Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal de Alfenas, MG.

Endereço profissional: Rua Gabriel Monteiro da Silva, n. 700, Centro, Alfenas, MG. CEP: 37130-001.

### Mateus Freire Leite

E-mail: [mateusfl@uol.com.br](mailto:mateusfl@uol.com.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-620X>

Doutor em Ciências Farmacêuticas pela Unoversidade de São Paulo em 2009.

Endereço profissional: Rua Gabriel Monteiro da Silva, n. 700, Centro, Alfenas, MG. CEP: 37130-001.

# Bases de Dados de Conhecimento Tradicional como Estratégia de Proteção

## *Traditional Knowledge Databases as a Protection Strategy*

Marcos Roberto de Souza Gomes<sup>1</sup>

Célia Regina Simonetti Barbalho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

### Resumo

As questões que envolvem a proteção dos conhecimentos tradicionais são discutidas analisando-se três iniciativas de preservação e de promoção em diferentes culturas selecionadas aleatoriamente: a Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia (TKDL), os Centros de Artes Australianos e o Portal do Conhecimento Tradicional Coreano (KTKP). Foram eleitos como critérios de avaliação o objetivo da iniciativa e as estratégias de ação. Acredita-se que, embora enfoquem diferentes aspectos como medicina tradicional, arte aborígine, culinária e patrimônio imaterial, as iniciativas visam proteger a contra apropriação indevida e a promover o uso sustentável do conhecimento tradicional. Destaca-se que as estratégias incluem a digitalização e a sistematização das informações, salientando que os impactos variam entre a prevenção de patentes indevidas até a promoção da inovação e pesquisa, demonstrando a relevância de abordagens adaptadas às especificidades culturais para a gestão do conhecimento tradicional e a importância da colaboração multidisciplinar na preservação do patrimônio cultural.

Palavras-chave: Conhecimento tradicional; Proteção; Bases de dados.

### Abstract

It discusses the issues surrounding the protection of traditional knowledge from the analysis of three preservation and promotion initiatives in different randomly selected cultures: the Digital Library of Traditional Knowledge of India (TKDL), the Australian Arts Centres, and the Korean Traditional Knowledge Portal (KTKP). It chooses as evaluation criteria the objective of the initiative and the strategies of action. It points out that, although they focus on different aspects such as traditional medicine, aboriginal art, cuisine and intangible heritage, the initiatives aim to protect against misappropriation and promote the sustainable use of traditional knowledge. The strategies include the digitization and systematization of information, emphasizing that the impacts range from the prevention of undue patents to the promotion of innovation and research, demonstrating the relevance of approaches adapted to cultural specificities for the management of traditional knowledge and the importance of multidisciplinary collaboration in the preservation of cultural heritage.

Keywords: Traditional Knowledge; Protection; Data base.

Áreas Tecnológicas: Históricos de Comunidades. Conhecimentos Tradicionais. Saberes e Práticas Naturais.



# 1 Introdução

As reflexões em torno do conhecimento tradicional apontam que não há um significado amplamente aceito sobre o assunto, mas é consensual a ideia de que ele envolve todas as formas de costumes, crenças, práticas, saberes, inovações e expressões culturais, oriundos da vivência e da experimentação, transmitidos e preservados por comunidades ancestrais indígenas e locais ao longo de gerações.

Tais saberes abrangem temáticas diversas como medicina tradicional, agricultura, arte, música, culinária, tecnologias tradicionais, entre outras, que são constituídas a partir da relação estreita que as comunidades possuem com seu ambiente natural, formando a identidade cultural, a subsistência e o bem-estar dessas populações.

Barbalho *et al.* (2023) destacam que:

Alimentado pela crise ecológica mundial e pela percepção de que suas causas estão intimamente relacionadas à superexploração dos recursos naturais com base em atitudes e tecnologias inadequadas (LANGILL, 1999), o interesse global sobre esta temática tem crescido à medida que são compreendidos os impactos que esses saberes podem gerar na economia, na inovação, na educação e em muitos outros campos, criando bases para a abordagem da etnoconservação.

Na perspectiva do que os autores expõem, a valoração desses saberes singulares demanda a composição de estratégias que possam favorecer a sua proteção, assegurando que práticas de utilização comercial não autorizadas pelos seus detentores possam ser mitigadas. Tal perspectiva tem o propósito de promover garantias dos direitos de autoria desses saberes, bem como sua exploração sob qualquer aspecto.

Nesse sentido, diversas iniciativas foram criadas no contexto global e, entre elas, a reunião desses saberes em bases de dados tem se mostrado eficaz para o enfrentamento das adversidades relacionadas, uma vez que assegura o registro desses conhecimentos que são baseados na oralidade.

Bases de dados podem ser bibliotecas digitais ou repositórios digitais, que possuem como finalidade reunir de forma organizada produções científicas de instituições ou áreas temáticas, armazenando arquivos de diversos formatos, para promover maior visibilidade em pesquisas e preservação da memória científica ou institucional (Alexander *et al.*, 2004; IBICT, 2021).

De acordo com Santilli (2005), a conveniência com relação à criação de registros e de bancos de dados como instrumentos para a proteção aos recursos genéticos e aos conhecimentos tradicionais (CT) é uma questão complexa, sujeita a discussões em diversos fóruns e com implicações legais.

Diante do exposto, este artigo apresenta um panorama geral de iniciativas de criação de bases de dados de conhecimento tradicional, por meio da análise comparativa de suas características, destacando o objetivo, a abordagem e o impacto de cada uma delas. As bases foram selecionadas utilizando os seguintes critérios: tempo de criação e inovação e formato que representam métodos de salvaguarda do conhecimento tradicional, proporcionando uma visibilidade das informações documentadas por meio de colaboradores locais, dos detentores das técnicas e de instituições públicas, tornando-se ferramentas eficazes como registro de anterioridades para evitar registros de propriedade intelectual indevidos.

A utilização de bases de dados para salvaguarda de CTI pode representar, além de uma proteção de forma defensiva, a utilização de forma inapropriada desses saberes, como também proporcionar uma proteção positiva com propósito de que as comunidades detentoras obtenham direitos econômicos com produtos desenvolvidos por meio das informações encontradas nas plataformas das bases de dados.

## 1.1 A Biblioteca de Conhecimento Tradicional da Índia (TKDL)

A implementação e o aperfeiçoamento da Traditional Knowledge Digital Library (TKDL), ou Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional, representam marcos importantes na proteção dos conhecimentos tradicionais na Índia. Iniciada em 1999 pelo governo indiano, essa biblioteca digital surgiu como uma resposta estratégica relacionada ao conhecimento tradicional indiano, frente aos desafios encontrados em meio aos direitos de propriedade intelectual. Administrada pelo Conselho de Pesquisa Científica e Industrial (CSIR), a TKDL estabeleceu, em sua criação, um novo parâmetro no gerenciamento de conhecimento tradicional em escala mundial.

### 1.1.1 Objetivos do Projeto TKDL

A Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia tem duplo objetivo. Em primeiro lugar, busca oferecer visibilidade e estratégia defensiva do conhecimento tradicional (CT) como uma forma de impedir a concessão de patentes sobre produtos desenvolvidos, utilizando CT onde não houve passo inventivo. Em segundo lugar, procura atuar como uma ponte entre a ciência moderna e a CT e pode ser usada para catalisar pesquisas avançadas baseadas em informações sobre a CT para o desenvolvimento de novos medicamentos (India, 2023).

### 1.1.2 Estratégias de Ação

De acordo com Sengupta (2019), em 1999, o governo indiano iniciou o desenvolvimento de um banco de dados informatizado para o sistema indiano de medicamentos baseados em CT com fácil acessibilidade e disponível para os examinadores de patentes e marcas em outros países, com a finalidade de impedir direitos de propriedade intelectual sobre produtos que utilizem o CT indiano. Dessa forma, originou-se a Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia com gerenciamento do Conselho de Pesquisa Científica e Industrial (CSIR).

Para promover uma eficaz indexação de conteúdo, foi desenvolvida uma classificação amparada pela estrutura da Classificação Internacional de Patentes (CIP) para os Sistemas Indianos de Medicina, ou seja, Ayurveda, Unani, Siddha e Yoga e nomeado como Classificação de Recursos de Conhecimento Tradicional (TKRC). O TKRC ganhou reconhecimento internacional e vinculou-se à Classificação Internacional de Patentes (India, 2024b).

A Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional utiliza tecnologia da informação e um sistema de classificação TKRC voltado para o CT e reuniu informações de 200 pesquisadores em oito anos. Essa biblioteca também digitalizou e estruturou 150 livros de diversos tipos de conhecimentos sobre a medicina tradicional indiana. A TKDL possui acordos com diversos escritórios de patentes, como União Europeia, Estados Unidos, Canadá, Alemanha, Reino Unido, Austrália, Japão, Malásia, Chile, Índia, entre outros (India, 2023; Sengupta, 2019).

Anteriormente, o escritório de patentes indiano não utilizava a TKDL como fonte de pesquisa. O CSIR da Índia, ainda de acordo com Sengupta (2019), não constituiu uma articulação com outras agências governamentais, como o Escritório de Patentes Indiano, resultando em concessão de patentes com base em CT tanto no país como por parte de escritórios estrangeiros, e, em 2012, um escritório de patentes europeu recusou-se a conceder os direitos para uma empresa fabricante de medicamentos para diabetes, após consultar informações na TKDL. Nesse mesmo período, o escritório indiano de patentes deferiu os direitos para a fabricante. Após esse caso, o governo revogou a patente concedida e assinou o acordo com a TKDL por meio do CSIR, a fim de prevenir esse tipo de concessão errônea.

Atualmente, as citações de referências da Biblioteca Digital são aceitas como registros de produtos, impossibilitando, assim, a cessão do registro de patentes por meio de escritórios internacionais, com os quais a base indiana possui acordo colaborativo. Esse acordo permite que os examinadores possam utilizar a base de dados apenas com o fim de pesquisa e exame, proibindo-se revelar o conteúdo a terceiros, a menos que seja necessário para fins de citação (India, 2023).

Observando o potencial da base de dados da TKDL no desenvolvimento de novos fármacos, o governo local estabeleceu em 2016 uma política nacional de direitos de propriedade intelectual, permitindo às instituições públicas de pesquisa o acesso à TKDL para pesquisa e desenvolvimento, enquanto para o setor privado só poderá utilizar desde que existam salvaguardas necessárias para evitar a apropriação indevida.

A TKDL ainda é utilizada para proteção defensiva, contra a apropriação indevida, mas o governo indiano incentiva o direito de propriedade intelectual para o CT, e os detentores são identificáveis, como indígenas e demais comunidades tradicionais (Sengupta, 2009; Sengupta, 2019).

A Figura 1 mostra a página inicial da TKDL, que permite utilizar sua plataforma em outros idiomas, como alemão, espanhol, francês e japonês.

**Figura 1** – Página inicial da Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia



Fonte: TKDL (2024)

A página inicial da TKDL apresenta em sua parte posterior o título, o nome da CSIR e os temas de conhecimento tradicional que podem ser encontrados em sua base. Ao clicar nesse *banner*, o usuário é levado ao formulário de busca para realizar sua pesquisa. A plataforma fornece dados informativos sobre sua base, objetivos, resultados e marcos temporais importantes para a biblioteca que descrevem um pouco de sua história.

Analisando os marcos temporais, destaca-se o ano de criação da base em 1999, em 2001 ocorreu o desenvolvimento, as especificações e o *design* do *software* inicial da biblioteca, em 2003 foi a apreciação e o reconhecimento internacional acerca das especificações e normas para criação de dados e registros de CT com base nas especificações da TKDL, apresentação e adesão das recomendações na 5<sup>o</sup> sessão da Comissão Intergovernamental da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) sobre Propriedade Intelectual e Recursos Genéticos, Conhecimentos Tradicionais e Folclore (IGC), culminando no ano de 2023 com o acordo com o escritório de patentes da Eurásia (Índia, 2024a).

## 1.2 Arts Centres Australianos

A percepção e valorização da cultura imaterial dos aborígenes na Austrália sofreu uma transformação significativa após um período de exploração comercial descontextualizada. Esse cenário começou a mudar com a instituição de centros de arte e a contratação de conselheiros de arte, que desempenharam papéis fundamentais na redefinição da qualidade e na percepção das obras aborígenes. Tais esforços culminaram na introdução de práticas que asseguravam a autenticidade e combatiam a falsificação da arte aborígine, estabelecendo um padrão de originalidade que é altamente valorizado no mercado de arte contemporâneo.

### 1.2.1 Objetivos do Projeto

Os centros de artes desempenham diversas funções importantes dentro de uma comunidade artística e cultural, especialmente para as comunidades aborígenes. Essas organizações que são pertencentes às comunidades aborígenes têm a missão de fomentar a produção artística que determinada região possui (Goldstein, 2012).

De acordo com Goldstein (2019), entre as funções realizadas pelos *arts centres*, encontram-se a disponibilidade de um espaço físico onde os artistas podem trabalhar e criar suas obras, uma função crucial para os centros de artes. Isso permite que os artistas tenham um ambiente adequado e inspirador para desenvolver sua arte e realizar oficinas e programas de treinamento não apenas em habilidades artísticas, mas também para os aspectos administrativos relacionados à gestão de suas carreiras, outra função importante dos centros de artes.

Além dessa função, os centros de artes frequentemente atuam como repositórios de informações e objetos relevantes para a comunidade, incluindo obras de arte, artefatos culturais e documentos históricos, de modo a preservar a cultura aborígine desempenhando um papel fundamental na perpetuação das tradições culturais e no compartilhamento de suas visões de mundo que expressam sua identidade cultural por meio da arte.

Os centros de artes promovem e comercializam as obras dos artistas, prospectando possíveis compradores no mercado e organizando exposições em diferentes locais, tanto na Austrália quanto internacionalmente. Essas funções destacam a importância dos centros de artes como espaços multifacetados que apoiam tanto a produção artística quanto a preservação cultural, promovendo o intercâmbio e contribuindo para o enriquecimento da comunidade em geral (Goldstein, 2019; Goldstein, 2017).

### 1.2.2 Forma de Atuação

A cultura imaterial dos aborígenes era vista pela sociedade Australiana como um testemunho etnográfico inautêntico, até a década de 1970, não somente pela situação dos povos aborígenes do ponto de vista legislativo na Austrália, mas também porque, entre 1940 e 1960, os missionários estimularam a fabricação em série de artefatos aborígenes para o varejo, com a finalidade de reforçar o orçamento das missões.

De acordo com Goldstein (2012), anteriormente a essas datas, nunca houve o interesse na inclusão de objetos aborígenes na categoria de arte e poucas pinturas sobre entrecasca de árvore foram compradas por museus australianos até o final dos anos 1960. Somente por meio da criação dos *arts centres* e da contratação de seus respectivos conselheiros de arte é que houve a modificação tanto das percepções em torno dessa produção como da qualidade do que é produzido nas comunidades aborígenes.

De acordo com Leary (2000 *apud* Goldstein, 2012), os conselheiros de arte não são aborígenes e atuam como uma ponte entre a área local do artista e o mercado. Sua função é crucial como um acelerador da produção e distribuição de obras de arte. O conselheiro de arte, também conhecido como assessor de artes, incentiva e estimula novos talentos e participantes na vida cultural da comunidade. Ele ainda fornece materiais aos artistas, compra as obras, fornece informações sobre o mercado e vende as obras. Essas ações, em conjunto com políticas públicas que fomentaram a criação de cooperativas por meio de recursos, equipamentos, capacitação e iniciativas privadas de colecionadores, locais de leilões e galeristas, fortaleceram o mercado de arte aborígene no país.

Conforme aponta Goldstein (2017), como forma de garantir a originalidade e evitar possíveis falsificações de artes aborígenes, as cooperativas emitem uma documentação informando a data, o material, o tamanho, o nome do autor, a foto da obra e a explicação de seu significado. Essas informações geram um padrão de identidade original da obra e, conforme afirmam os galeristas, os compradores optam por obras que possuam este tipo de documento, como demonstra a Figura 2 que destaca como essas informações são exibidas ao público.

**Figura 2** – Etiqueta que acompanha o artesanato na loja da cooperativa Buku-Larrnggay Mulka na Austrália



Fonte: Goldstein (2017)

As informações contidas nesse modelo apresentado na Figura 2 mostram a especificidade da peça em exibição no *art centre* para que os compradores obtenham detalhes acerca do artista que criou o produto. Essas informações, de acordo com Saikaly e Krucken (2010), geram um maior interesse por parte dos consumidores que frequentam feiras e possuem interesse em produtos locais, relacionando a identidade de origem dos produtos como autênticos, ampliando o seu valor no mercado de arte por meio de sua origem e modo de fazer.

Esse tipo de registro realizado pelos *art centres* tem como fim garantir a originalidade e a identificação cultural do produto, possuindo um elo local e social. Essas informações se assemelham aos metadados encontrados em bases de dados digitais como forma de identificar cada material produzido pelos artesãos da comunidade representada pelo *art centre*, apresentando uma ordem começando pelo clã, grupo ao qual pertence, nome e língua.

### 1.3 Portal do Conhecimento Tradicional Coreano (KTKP)

Em resposta ao crescente reconhecimento global da importância da proteção do conhecimento tradicional, o Escritório Coreano de Propriedade Intelectual (KIPO) empreendeu uma iniciativa significativa para estabelecer um banco de dados abrangente e salvaguardar as riquezas culturais da Coreia. Esse esforço focou inicialmente na medicina tradicional coreana, expandindo posteriormente para incluir outras áreas do conhecimento tradicional. O Portal não somente facilita o acesso a uma vasta gama de informações, como também reforça o compromisso da Coreia com a preservação de sua herança cultural.

#### 1.3.1 Objetivo do Projeto

O Portal do Conhecimento Tradicional Coreano constitui uma das bases para a proteção internacional do conhecimento tradicional coreano contra o uso não autorizado de patentes dentro e fora do país, promovendo ainda a salvaguarda do conhecimento tradicional coreano identificado na culinária, com receitas típicas, técnicas de artesanatos e patrimônios imateriais.

Busca promover o desenvolvimento de estudos e indústrias correlatos, fornecendo informações sobre conhecimentos tradicionais e pesquisas relacionadas, com intuito de facilitar os pedidos de registros de propriedade intelectual baseados em conhecimentos tradicionais como por meio das fontes de informações essenciais encontradas em sua base de dados auxiliando no processo de cessão de registros de patentes.

#### 1.3.2 Forma de Atuação

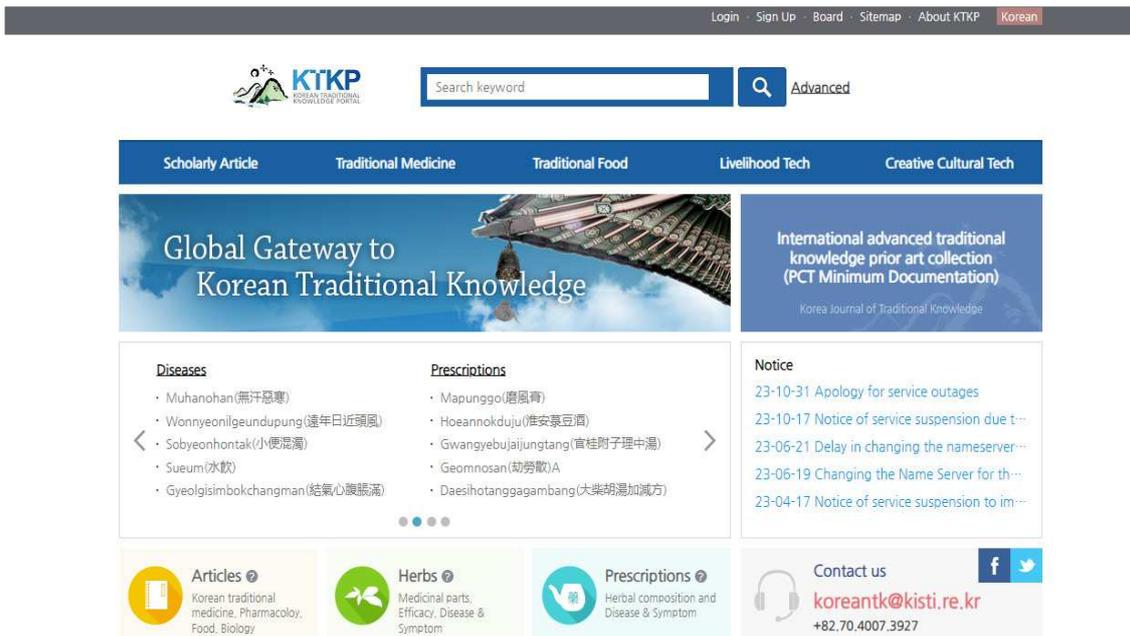
Em 2004, concordando com o movimento de proteção internacional, o Escritório Coreano de Propriedade Intelectual (KIPO) formulou um planejamento estratégico para a construção de um banco de dados de conhecimento tradicional, que foi compilado entre 2005 e 2007, e, a princípio, teve como iniciativa a salvaguarda da medicina tradicional coreana, sendo disponibilizado somente em dezembro de 2017 o serviço de busca na base de dados (KIPO, 2024).

Atualmente, a estrutura de organização das informações permite encontrar diversos dados relevantes nas áreas de conhecimento tradicional medicinal, alimentos, técnicas de subsistência e patrimônio cultural imaterial, um processo que envolveu uma dedicação significativa de pesquisa e estruturação de dados (Korea, 2011; KIPO, 2024).

O KTKP é um banco de dados que inclui uma vasta quantidade de conhecimento da literatura tradicional e artigos acadêmicos. O acesso está disponível para pesquisadores, profissionais e ao público em geral. Este tipo de acesso proporciona um amplo impacto para o KTKP, oferecendo um serviço de busca que permite aos usuários localizarem informações específicas dentro e, desta forma viabilizar facilidade na pesquisa e no acesso às informações sobre o conhecimento tradicional coreano.

A Figura 3 mostra a página inicial do KTKP oferecendo um destaque nas áreas de conhecimento tradicional catalogadas.

**Figura 3** – Página inicial do Portal do Conhecimento Tradicional Coreano

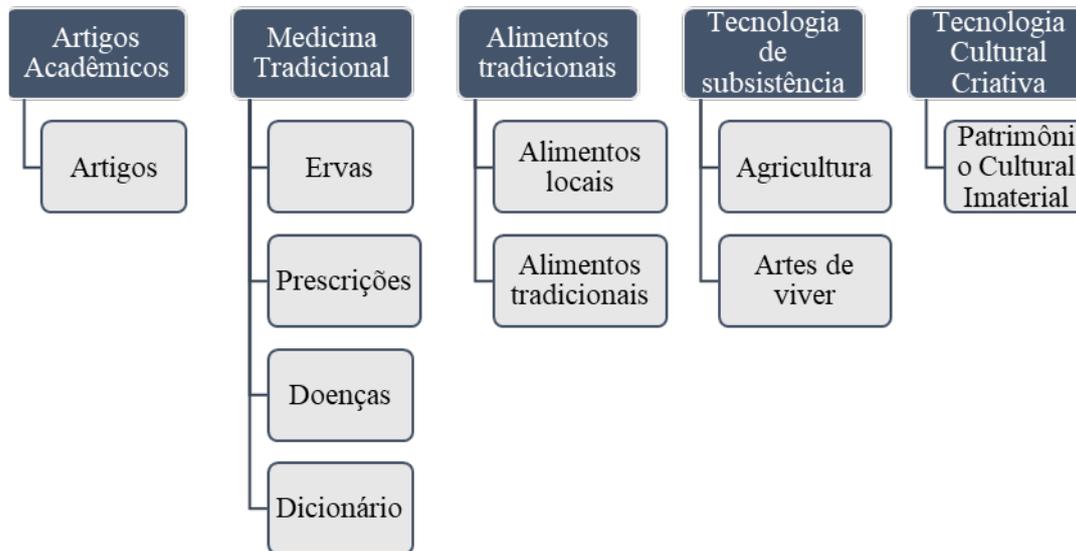


Fonte: KIPO (2024)

A página inicial do Portal Coreano de Conhecimento tradicional possui um visual mais atual por se tratar de uma base de dados mais recente. Sua interface gráfica é bem interativa, proporcionando o acesso ao campo para inserção de termos para realização de pesquisas em sua base na parte superior, disponibilizando, ainda, filtros por meio de uma busca avançada localizada ao lado do ícone de busca.

Os temas disponíveis no portal coreano estão situados logo abaixo do campo de pesquisa divididos em artigos acadêmicos, medicina tradicional, comidas tradicionais, tecnologia de subsistência e tecnologia cultural criativa, cada uma com suas subdivisões descritas na Figura 4.

**Figura 4** – Temas e subdivisões do Portal Coreano de Conhecimento Tradicional



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

As páginas são definidas pelas seções de cada tema principal. Na página de artigos acadêmicos, existem subdivisões relacionadas às revistas armazenadas no portal, distribuídas por quatro seções: Medicina oriental, Alimentação, Farmácia, Biologia e outras. Cada tema possui diversos periódicos, alguns contendo mais de 500 publicações. A seção de medicina oriental apresenta mais de 15 revistas, sendo a seção com maior quantidade de publicações.

A área de medicina tradicional permite explorar as informações da base pesquisando a partir do nome da erva utilizada, dos sintomas e da prescrição ou utilizando termos que se encontram no dicionário da seção. Interessante notar que a seção de ervas possui um mapa do corpo humano interativo que informa o tipo de erva utilizada para tratar determinado órgão selecionado pelo usuário no mapa.

A área de alimentação tradicional está dividida em duas seções, que se distinguem por meio do método e tempo de análise da técnica. Os alimentos tradicionais são representados por receitas de alimentos tradicionais registrados em literaturas antigas, enquanto a seção de alimentos locais representa uma pesquisa realizada com restaurantes e a comunidade local relacionadas à alimentação coreana.

As tecnologias de subsistência caracterizam as técnicas empregadas na área de agronomia e técnicas da arte de viver, utilizadas para preparação de receitas, técnicas de edificação, preparação de vinho e diversas outras técnicas utilizadas e armazenadas para todos. Por fim, tem a área de tecnologia cultural criativa, que possui unicamente a seção de patrimônio cultural imaterial com registros de técnicas de fabricação manual desde produtos para vestuário até produtos para fabricação de utensílios, como arco e flecha.

## 2 Metodologia

O artigo desenvolveu uma pesquisa exploratória utilizando um levantamento bibliográfico e descritivo estudando as características dos modelos abordados de proteção de Conhecimento Tradicional (Gil, 2002). De acordo com Hair Junior *et al.* (2005), a pesquisa exploratória possibilita uma melhor compreensão da questão, sendo útil na identificação de práticas inovadoras de produção.

A pesquisa foi constituída para dois momentos: (i) o primeiro com descrição do objetivo e da forma de atuação do sistema de proteção, analisando documentos fornecidos pelas desenvolvedoras e artigos relacionados com as bases; (ii) o segundo será realizado por meio da síntese comparativa entre os modelos, salientando pontos semelhantes entre cada tipo de base de dados e os métodos de proteção utilizados e agrupando mais de um ponto. De acordo com Walk (1998), por meio de um esquema organizacional ponto a ponto, proporciona-se uma melhor identificação dos pontos abordados.

Utilizando-se do conceito de estratégia apresentado por Carrieri *et al.* (2012), em que a concepção de estratégia está relacionada com a compreensão dos gestores das instituições quanto ao ambiente em que está inserido, suas ações e a administração dos recursos humanos e econômicos disponíveis, especificou-se cada base de dados analisada delimitando seu objetivo, a abordagem e os impactos com o intuito de salientar as estratégias utilizadas para a salvaguarda, proteção e, caso permitido pelos detentores do CT, promoção de inovação com base na utilização desses conhecimentos.

## 3 Resultados e Discussão

As três bases de dados analisadas possuem aspectos do conhecimento tradicional e suas implicações em vários contextos: a Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia (TKDL), os Centros de Artes Australianos para comunidades aborígenes e o Portal do Conhecimento Tradicional Coreano (KTKP). Cada base reflete abordagens distintas para preservar, proteger e promover o conhecimento tradicional nas respectivas culturas.

### 3.1 Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia (TKDL)

**Objetivo:** a TKDL visa a prevenir a apropriação indevida do conhecimento tradicional indiano, especialmente na área da medicina, por meio da documentação e disponibilização para examinadores de patentes internacionais. Além disso, busca ser uma ponte entre a ciência moderna e o conhecimento tradicional, promovendo pesquisas e desenvolvimento de novos medicamentos.

**Abordagem e Impacto:** a criação de uma classificação específica para o conhecimento tradicional (TKRC) e a digitalização de vastas quantidades de textos tradicionais demonstram uma abordagem sistemática e tecnológica. A TKDL tem impacto significativo na defesa contra patentes indevidas internacionalmente e incentiva o uso ético do conhecimento tradicional para avanços científicos.

### 3.2 Arts Centres Australianos

**Objetivo:** os Centros de Artes Australianos focam na preservação e na promoção da arte aborígene australiana. Eles servem como espaços para criação, educação e comercialização da arte aborígene, além de agirem como repositórios culturais.

**Abordagem e Impacto:** esses centros atuam diretamente na comunidade artística, fornecendo infraestrutura e suporte para artistas. Eles desempenham um papel crucial na manutenção da cultura aborígene e na elevação da arte aborígene no mercado global, garantindo autenticidade e promovendo a identidade cultural.

### 3.3 Portal do Conhecimento Tradicional Coreano (KTKP)

**Objetivo:** o KTKP tem como finalidade proteger e promover o conhecimento tradicional coreano, abrangendo áreas como medicina, culinária e patrimônio imaterial. Busca facilitar registros de propriedade intelectual baseados em conhecimentos tradicionais e apoiar o desenvolvimento de estudos e indústrias relacionadas.

**Abordagem e Impacto:** o portal emprega uma estratégia de digitalização e de organização de informações que facilita o acesso e a pesquisa. Com uma interface interativa e uma ampla gama de dados, o KTKP beneficia pesquisadores, profissionais e o público, incentivando a aplicação e a proteção do conhecimento tradicional.

### 3.4 Análise Comparativa

Relacionando os pontos comuns entre os objetivos de cada base, percebe-se que todos têm como propósito proteger e promover o conhecimento tradicional de suas respectivas culturas, embora cada um possua um foco distinto e outro mais abrangente, como o caso da TKDL e do KTKP, mesmo que ambos possuam em sua base a medicina tradicional, a KTKP estendeu seu foco para além da medicina tradicional.

A TKDL, pioneira em sua abordagem, trata essas questões de forma proativa, fornecendo uma ferramenta para que examinadores de patentes possam verificar a novidade e a originalidade das invenções reivindicadas, impedindo, assim, registros de patentes que se baseiem em conhecimentos já conhecidos e documentados.

A abordagem defensiva da TKDL é uma estratégia ativa e engenhosa de proteção. Ao tornar o conhecimento tradicional acessível globalmente, a iniciativa não só previne apropriações indevidas, mas também promove o reconhecimento e a valorização desses saberes em âmbito mundial. Isso desafia a narrativa frequentemente dominante de que a tecnologia e o conhecimento tradicional ocupam esferas separadas, demonstrando como a tecnologia pode ser uma aliada vital na preservação da herança cultural.

Além disso, a TKDL serve como um modelo eficaz de como a tecnologia pode ser empregada na proteção dos direitos de propriedade intelectual dos povos originários ou comunidades tradicionais. Ela ilustra o potencial das soluções digitais para documentar, proteger e promover o conhecimento tradicional, oferecendo um caminho replicável e adaptável para outras iniciativas em todo o mundo. Ao fazer isso, a TKDL não apenas protege o conhecimento existente, mas também abre portas para o reconhecimento de saberes tradicionais à ciência e à cultura global, reforçando a importância de uma abordagem inclusiva e respeitosa ao patrimônio cultural.

Em contraste, os *arts centres* australianos focam na promoção e na preservação da arte aborígine por meio da provisão de espaços físicos para a criação e a exibição de suas obras. A arte, nesse contexto, conforme aponta Brandão (2016), é vista como uma forma de expressão, de comunicação e de conexão entre gerações, mantendo vivas as tradições e os conhecimentos ancestrais. Ao invés de relegar essas manifestações culturais a museus ou coleções digitais, os Centros de Artes Australianos proporcionam um ambiente em que a arte pode ser continuamente recriada, reinterpretada e apreciada, tanto pelos membros da comunidade quanto pelo público em geral.

Além disso, a abordagem desses centros destaca a importância do desenvolvimento econômico local e da autonomia das comunidades aborígenes. Ao fornecer um espaço para que artistas indígenas criem e vendam suas obras, os centros não apenas apoiam a sustentabilidade financeira dos artistas, mas também contribuem para o fortalecimento econômico da comunidade como um todo. Esse aspecto é crucial, pois oferece às comunidades aborígenes meios de preservar sua cultura enquanto promove a autossuficiência, apresentando-se como uma oposição a formas de dependência e de marginalização.

A iniciativa dos Centros de Artes Australianos também destaca a arte como um elemento essencial do conhecimento tradicional, reconhecendo que a cultura aborígine é dinâmica e adaptável. Ao invés de preservar a cultura em um estado estático, esses centros enfatizam a importância de contextos culturais vivos, nos quais o conhecimento tradicional continua a evoluir e a se manifestar de formas novas e significativas. Isso reflete uma compreensão de que

a cultura e a arte aborígenes não são apenas patrimônios do passado, mas elementos ativos e vibrantes da vida contemporânea.

O KTKP, por sua vez, oferece uma abordagem abrangente para a preservação do conhecimento tradicional, cobrindo uma ampla gama de áreas, desde medicina até culinária e artesanato. Esse portal se destaca como uma iniciativa exemplar na preservação do conhecimento tradicional, abordando a temática com uma amplitude que vai além da mera catalogação e do arquivamento. O KTKP adota a tecnologia digital não apenas como uma ferramenta de documentação, mas como um meio de potencializar o conhecimento tradicional, transformando-o em uma alavanca para a inovação e o desenvolvimento. Essa abordagem diversificada do KTKP ilustra uma compreensão profunda do valor real que o conhecimento tradicional possui, não só como um legado cultural a ser preservado, mas como um recurso vital para o progresso futuro.

A similaridade do KTKP com a TKDL reside no uso estratégico da tecnologia digital para a preservação do conhecimento. No entanto, o KTKP distingue-se significativamente ao colocar uma forte ênfase na ampliação prática dos temas abordados, além de seu formato visual mais contemporâneo. Essa diferença fundamental revela a realidade de que o conhecimento tradicional, com suas raízes profundas na história e na cultura, detém um potencial imenso para contribuir com soluções contemporâneas e fomentar a criatividade. Ao disponibilizar esse acervo de conhecimento tradicional de forma acessível, o KTKP não só protege o conhecimento de apropriações indevidas, mas também incentiva sua incorporação em contextos modernos de pesquisa, desenvolvimento de produtos e inovações em diversos campos, encontrados na área de artigos acadêmicos cadastrados no próprio portal.

Além disso, a iniciativa do KTKP reflete uma visão inovadora de que o conhecimento tradicional é uma fonte inesgotável de inspiração para futuras inovações. Nessa perspectiva, o conhecimento ancestral não é visto como estagnado ou ultrapassado, mas como um legado vivo e dinâmico, capaz de inspirar novas gerações para explorar, experimentar e reinventar. Essa abordagem valoriza a sabedoria acumulada ao longo de séculos, reconhecendo-a como um recurso valioso para enfrentar desafios contemporâneos, desde questões de saúde pública até a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico.

A abordagem abrangente do KTKP para a preservação do conhecimento tradicional, portanto, não se limita à salvaguarda ou à apropriação indevida; ela incentiva o aprendizado, a inovação e o progresso. Por meio da fusão do antigo com o novo, o KTKP gera um movimento para que o conhecimento tradicional se torne mais visível, promovendo uma interação enriquecedora entre o passado e o presente.

Embora a TKDL e o KTKP compartilhem um enfoque na digitalização e na proteção legal do conhecimento tradicional, utilizando-se inclusive do IPC como forma de integração de seus dados com as bases de escritórios de patentes e promovendo uma proteção defensiva por meio de bancos de dados digitais, os Centros de Artes Australianos destacam-se pela ênfase na promoção da cultura e no desenvolvimento socioeconômico das comunidades locais, possibilitando ainda um método de proteção defensiva por meio dos dados utilizados pelos centros de artes que servem como um selo de autenticidade para os produtos desenvolvidos pelos artistas aborígenes, oportunizando efeitos no mercado de arte global.

Relacionando as formas de abordagens utilizadas pelo TKDL, KTKP e pelos *arts centres*, nota-se que todas são fundamentais para a preservação do conhecimento e da cultura tradicional, refletindo diferentes aspectos da mesma questão: como proteger, promover e valorizar

o patrimônio cultural em um mundo cada vez mais globalizado, possibilitando, de acordo com a OMPI (2016), a sua verificação como registro de anterioridade e inviabilizando a sua apropriação indevida mediante a concessão errônea de patentes para invenções baseadas em CT. O Quadro 1 resume os pontos em comum entre as bases de dados com relação à estratégia, à inovação e à proteção legal.

**Quadro 1** – Resumo com dados comparativos

ASPECTO	TKDL	KTKP	ARTS CENTRES AUSTRALIANS
Estratégia	Proativa e defensiva na prevenção de apropriação indevida, usando bases de dados digitais.	Abrangente possibilitando a catalogação e o arquivamento para incentivar inovação e aprendizado.	Comunitária, promovendo a arte aborígine como elemento essencial da cultura tradicional.
Inovação	Enfatiza o papel da tecnologia na valorização do conhecimento tradicional, tornando-o relevante para a ciência e a cultura global.	Promove a incorporação do conhecimento tradicional em pesquisa, desenvolvimento e inovação em diversas áreas.	Valoriza a arte como elemento dinâmico e adaptável do conhecimento tradicional, incentivando sua evolução.
Proteção Legal	Defensiva contra apropriação indevida de conhecimento tradicional. Auxiliando examinadores de patentes a verificar a originalidade das solicitações registros.	Oferece proteção defensiva contra apropriação indevida, disponibilizando informações estratégicas para examinadores de patentes.	Fornece um selo de autenticidade para produtos aborígenes, proporcionando proteção contra falsificações e possibilitando uma proteção defensiva.

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Por conseguinte, todas as três formas de bases de dados destacam a importância da proteção legal e do reconhecimento internacional do conhecimento tradicional, mas diferem em suas estratégias operacionais e nos objetivos finais relacionados à defesa contra apropriação indevida, passando pela sustentação da vida comunitária, até a promoção da inovação. Essa diversidade reflete a complexidade de salvaguardar o conhecimento tradicional em um contexto global, exigindo um espectro de estratégias que considerem tanto as necessidades locais quanto as dinâmicas internacionais.

## 4 Considerações Finais

A preservação do conhecimento tradicional tem sido vista como um campo de interesse mundial com nações implementando estratégias variadas para proteger suas riquezas culturais e intelectuais. A Biblioteca Digital de Conhecimento Tradicional da Índia (TKDL), os Centros de Artes Australianos e o Portal do Conhecimento Tradicional Coreano (KTKP) são exemplos notáveis dessas iniciativas, cada um deles abordando a questão sob uma perspectiva que reflete suas culturas e desafios específicos. A análise comparativa dessas iniciativas revela tanto abordagens comuns quanto divergentes na salvaguarda do conhecimento tradicional por meio de suas práticas e criações.

Os impactos culturais da utilização de plataformas digitais com integrações e acordos com escritórios de patentes, como a TKDL e o KTKP possuem, são significativos na proteção internacional e na promoção da pesquisa científica com relação ao CT, enquanto os Centros de Artes Australianos atuam por meio da valorização da arte aborígine e na preservação cultural interna.

Em suma, a TKDL evidencia o poder da inovação tecnológica aplicada à proteção do conhecimento tradicional, marcando um avanço significativo na luta contra a exploração não autorizada de saberes ancestrais. Sua existência reafirma o valor inestimável do conhecimento tradicional, não apenas como patrimônio cultural, mas também como uma fonte crucial de inovação e de sabedoria para o progresso humano.

Da mesma maneira, o KTKP oferece um modelo inspirador para o tratamento do conhecimento tradicional no mundo moderno, destacando-se pelo potencial ilimitado que esse conhecimento possui para enriquecer e promover inovação em vários aspectos da vida contemporânea. Esse portal não apenas honra e preserva o legado cultural, mas também abre possibilidades para o desenvolvimento sustentável, a criatividade e a inovação, demonstrando o poder transformador do conhecimento tradicional quando integrado às ferramentas e às perspectivas do presente.

Já os Centros de Artes Australianos oferecem um modelo exemplar de como a preservação da cultura e o desenvolvimento econômico podem andar de mãos dadas, respeitando e valorizando o conhecimento tradicional aborígine. Sua abordagem destaca a complexidade e a riqueza da cultura aborígine, promovendo a interação comunitária e o bem-estar por meio da arte. Ao fazer isso, esses centros não apenas preservam um legado cultural para as futuras gerações, mas também reafirmam o papel vital da arte na construção de sociedades mais inclusivas e sustentáveis.

Em conjunto, a TKDL, os Centros de Artes Australianos e o KTKP ilustram o espectro de estratégias que podem ser empregadas na proteção e na promoção do conhecimento tradicional. Enquanto a TKDL foca na proteção defensiva contra apropriações indevidas, os Centros de Artes Australianos enfatizam a importância da expressão cultural e do desenvolvimento econômico local, e o KTKP explora o potencial do conhecimento tradicional como fonte de inovação. Essas iniciativas destacam a relevância crescente do conhecimento tradicional no mundo contemporâneo, promovendo a necessidade de abordagens criativas e sustentáveis para sua proteção e valorização.

A complementaridade dessas iniciativas aponta a necessidade de uma abordagem mais completa na preservação do conhecimento tradicional, combinando estratégias legais e digitais com esforços de promoção cultural e desenvolvimento comunitário. Juntas, essas iniciativas formam um conjunto de esforços dedicados à proteção do conhecimento e da cultura tradicional, demonstrando a riqueza e a complexidade das abordagens necessárias para garantir a continuidade e o respeito aos saberes ancestrais no tempo atual.

Resumidamente, ainda que cada base de dados utilize procedimentos, direitos, benefícios e mecanismos de execução distintos, demonstrando a diversidade na proteção do conhecimento tradicional, a eficácia desses registros depende de fatores que incluem a cooperação das comunidades locais e de instituições governamentais e não governamentais, com o intuito de definir e delimitar o acesso de terceiros com capacidade de manter e de fornecer acesso com consentimento da comunidade detentora do conhecimento tradicional em forma utilizável com viabilidade de assegurar o reconhecimento dos direitos aos titulares do conhecimento tradicional (Alexander *et al.*, 2004).

## 5 Perspectivas Futuras

As perspectivas futuras para as bibliotecas digitais e registros de conhecimento tradicional sugerem vários caminhos potenciais de evolução e desafios à medida que a tecnologia avança. Espera-se que essas iniciativas incorporem novas ferramentas digitais e plataformas interativas, incluindo a realidade aumentada, já utilizada por museus, a inteligência artificial e o NFT, que oferecem oportunidades para melhorar a acessibilidade, a autenticação e a proteção dos direitos associados ao conhecimento tradicional.

A tendência existente para uma colaboração mais forte entre diversas áreas do conhecimento, como biotecnologia, direito da propriedade intelectual e ciências sociais, pode enriquecer as abordagens de preservação do conhecimento tradicional, podendo facilitar a inovação e assegurar que os benefícios da utilização do conhecimento tradicional sejam compartilhados de maneira justa.

Esses benefícios devem seguir um padrão de reconhecimento e de apoio crescentes por parte de organismos internacionais e governamentais, que podem fortalecer as políticas de proteção do conhecimento tradicional. A implementação de legislações internacionais mais firmes e de acordos de cooperação pode ajudar a prevenir a exploração indevida e promover práticas de compartilhamento equitativo de benefícios.

Por meio do aumento da conscientização sobre a importância do conhecimento tradicional na conservação da biodiversidade, na sustentabilidade e no desenvolvimento socioeconômico, seria possível a criação de programas educacionais que incluam o estudo do conhecimento tradicional, promovendo o respeito e o reconhecimento dessas práticas.

Devido ao crescimento de modelos de preservação e de proteção do conhecimento tradicional, estes enfrentarão desafios relacionados à sustentabilidade financeira e operacional. Assim, a busca por modelos de financiamento inovadores e as parcerias público-privadas podem ser necessárias para garantir sua continuidade a longo prazo.

A partir da visibilidade que o conhecimento tradicional vem ganhando mundialmente, questões relacionadas à apropriação cultural e à ética na utilização desse conhecimento se tornam mais relevantes, sendo necessário desenvolver diretrizes claras e mecanismos de consentimento informativos com a finalidade de evitar essas ações de apropriação.

## Referências

ALEXANDER, M. *et al.* **The Role of Registers and Databases in the Protection of Traditional Knowledge**: a comparative analysis. Japan: United Nations University Institute of Advanced Studies, 2004.

BARBALHO, Célia Regina Simonetti *et al.* Gestão do Conhecimento Tradicional Indígena e Políticas Públicas: Análise da produção científica de colaborações e temáticas relacionadas. In: XXIII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO. **Anais** [...]. Aracaju: UFS, 2023.

BRANDÃO, L. **A arte como meio de comunicação**. 2016. Disponível em: <https://comunidadeculturaearte.com/a-arte-como-meio-de-comunicacao/>. Acesso em: 13 mar. 2024.

CARRIERI, A. De P. *et al.* Estratégias e táticas empreendidas nas organizações familiares do Mercado de Madureira (Rio de Janeiro). **RAM – Revista de Administração Mackenzie**, [s.l.], v. 13, n. 2, p. 196-226, mar. 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOLDSTEIN, I. S. **Do “tempo dos sonhos” à galeria**. Campinas, SP: Universidade Estadual de Campinas, 6 mar. 2012.

GOLDSTEIN, I. S. Políticas públicas e estratégias de fomento para as artes indígenas: o modelo australiano. **Revista Gearte**, [s.l.], v. 6, n. 2, 5 jul. 2019.

GOLDSTEIN, I. S. Das artes tradicionais à economia criativa: a pintura indígena da Austrália e sua inserção no sistema das artes. **Ciências Sociais Unisinos**, Rio Grande do Sul, v. 53, n. 3, p. 489-498, 23 ago. 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4013/csu.2017.53.3.09>.

HAIR JUNIOR, J. F. *et al.* **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

IBICT – INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA.

**Repositórios Digitais – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/ibict/pt-br/assuntos/informacao-cientifica/repositorios-digitais>. Acesso em: 24 fev. 2024.

INDIA. Council of Scientific & Industrial Research. **About TKDL**. 2023. Disponível em: <https://www.tkdl.res.in/tkdl/langdefault/common/Abouttkdl.asp?GL=Eng>. Acesso em: 30 jun. 2023.

INDIA. Council of Scientific & Industrial Research. **Major Milestones**. 2024a. Disponível em: <https://tkdl.res.in/tkdl/langdefault/common/milestones.asp?GL=Eng>. Acesso em: 6 mar. 2024.

INDIA. Council of Scientific & Industrial Research. **Traditional Knowledge Resource Classification (TKRC)**. 2024b. Disponível em: <https://www.tkdl.res.in/tkdl/langdefault/common/TKRC.asp?GL=Eng>. Acesso em: 25 fev. 2024.

KIPO – KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE. **KTKP introduction**. 2024. Disponível em: <https://www.koreantk.com/ktkp2014/about/introduction.page>. Acesso em: 25 fev. 2024.

KOREA. Korean Intellectual Property Office. **Introduction of Korean Traditional Knowledge Portal (KTKP)**. 2011. Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/mdocs/tk/en/wipo\\_tkdl\\_del\\_11/wipo\\_tkdl\\_del\\_11\\_ref\\_t9\\_4.pdf](https://www.wipo.int/edocs/mdocs/tk/en/wipo_tkdl_del_11/wipo_tkdl_del_11_ref_t9_4.pdf). Acesso em: 25 fev. 2024.

LANGILL, Steve. **Indigenous knowledge: a resource kit for sustainable development researchers in dryland Africa**. Ottawa: Idrc, 1999.

OMPI – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. **Nota Informativa n. 3: o desenvolvimento de uma estratégia nacional sobre a propriedade intelectual, os conhecimentos tradicionais e as expressões culturais tradicionais**. 2016. p. 4 Disponível em: [https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo\\_pub\\_tk\\_3.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_tk_3.pdf). Acesso em: 13 mar. 2024.

SAIKALY, F.; KRUCKEN, L. Design de plataformas para valorizar identidades e produtos locais. In: MORAIS, Dijon de; KRUCKEN, Lia; REYES, Paulo (org.). **Cadernos de Estudos Avançados em Design: identidade**. Barbacena: Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais, 2010. p. 35-47.

SANTILLI, J. **Socioambientalismo e Novos Direitos**: proteção jurídica à diversidade biológica e cultural. São Paulo: Editora Peirópolis, 2005.

SENGUPTA, N. Traditional Knowledge and Intellectual Property Rights. *In*: SENGUPTA, N. **The WTO at the Crossroads**. New Delhi: Concept Publishers, 2009. p. 108-116.

SENGUPTA, N. **Traditional Knowledge in Modern India**: Preservation, Promotion, Ethical Access and Benefit Sharing Mechanisms. ed. Springer. New Delhi, 2019.

TKDL – DIGITAL LIBRARY OF TRADITIONAL KNOWLEDGE OF INDIA. **Banco de dados**. 2024. Disponível em: <https://tkdl.res.in/>. Acesso em: 6 mar. 2024.

WALK, K. **How to Write a Comparative Analysis**. Cambridge: Harvard University, 1998. Disponível em: <https://cbs.umn.edu/sites/cbs.umn.edu/files/migrated-files/downloads/Comcontrastharvard.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2024.

## Sobre os Autores

### **Marcos Roberto de Souza Gomes**

*E-mail*: [mrobertosg@gmail.com](mailto:mrobertosg@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8418-6313>

Especialista em Gestão de Tecnologia da informação pela Faculdade Venda Nova do Imigrante em 2020.

Endereço profissional: Av. General Rodrigo Octávio Jordão Ramos, n. 1.200, Câmpus Universitário, Setor Sul, 3º andar do Prédio da Biblioteca Setorial do Setor Sul, Coroadó, Manaus, AM. CEP: 69067-005.

### **Célia Regina Simonetti Barbalho**

*E-mail*: [simonetti@ufam.edu.br](mailto:simonetti@ufam.edu.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4657-9156>

Pós-Doutora em Propriedade Intelectual, Transferência de Tecnologia e Inovação Tecnológica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2020.

Endereço profissional: Universidade Federal do Amazonas, Auditoria Interna, Av. Gen. Rodrigo Octávio, n. 6.200, Coroadó I, Manaus, AM. CEP: 69080-900.

# Plantas Medicinais do Cerrado: uma breve revisão de patentes e de literatura científica para espécies comumente citadas

*Medicinal Plants of the Cerrado: a brief review of patents and scientific literature for commonly cited species*

Rafael Benjamin Evaristo<sup>1</sup>

Grace Ferreira Ghesti<sup>1</sup>

Camila Alves Arede<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil

## Resumo

Este artigo teve o objetivo apresentar um panorama geral acerca das patentes provenientes de vegetais típicos do cerrado e realizar uma revisão de literatura científica para identificar áreas onde poderão ser desenvolvidos novos produtos e patentes no futuro. Assim, o texto introduz o bioma do cerrado brasileiro e esclarece como a lei de propriedade industrial protege patentes provenientes de espécies vegetais. Os resultados são apresentados a partir da discussão específica a respeito de cada planta, com a análise de literatura científica e de patentes. Como conclusão, constatou-se que as espécies vegetais estudadas possuem propriedades curativas relativas a diversas enfermidades e aplicação industrial na área cosmética, entre outros. Espera-se para o futuro que sejam aprofundados os estudos acerca do cerrado brasileiro e de sua flora, de forma a expandir as pesquisas sobre o assunto, já que o cerrado brasileiro e sua flora têm o potencial de gerar riquezas em diversos setores para o Brasil.

Palavras-chave: Cerrado; Patentes; Plantas com propriedades medicinais.

## Abstract

This article aims to present an overview of patents from typical cerrado plants, as well as a review of the scientific literature to identify areas where new products and patents may be developed in the future. Thus, the text introduces the Brazilian cerrado biome and clarifies how the industrial property law protects patents from plant species. The results are determined from the specific discussion about each plant, with an analysis of the scientific literature and patents. In conclusion, it was found that the studied plant species have curative properties related to various diseases, as well as have industrial application in the cosmetic area, among others. It is expected that, in the future, studies about the Brazilian savannah and its flora will be deepened, in order to expand research on the subject, which has the potential to generate wealth in several sectors for Brazil.

Keywords: Cerrado; Patents; Plants with medicinal properties.

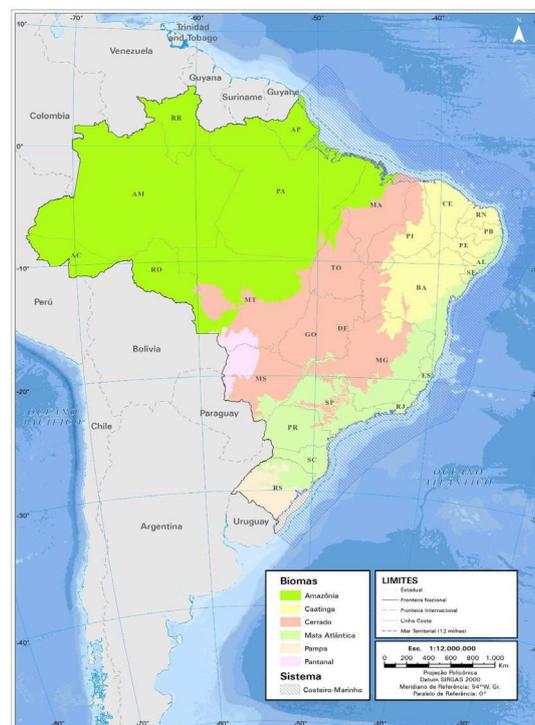
Áreas Tecnológicas: Botânica Aplicada. Direito Comercial.



# 1 Introdução

O cerrado brasileiro comporta uma das maiores e mais complexas biodiversidades do país. Como é o segundo maior bioma, com uma extensão territorial de quase 2 milhões de Km<sup>2</sup> (representando 23,3% da área territorial), passa por todos os estados da Região Centro-Oeste e o Distrito Federal, bem como os estados de Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, Minas Gerais e com menor expressividade Rondônia, São Paulo e Paraná, como demonstra a Figura 1 mapeada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019). Uma das savanas mundiais mais importantes, o cerrado brasileiro destaca-se por comportar mais de 10.000 espécies de plantas e uma fauna com mais de 800 espécies de aves, 161 espécies de mamíferos (sendo 19 presentes somente no Cerrado), entre outros (IBGE, 2009).

**Figura 1** – Mapa dos Biomas e do sistema costeiro-marinho do Brasil



Fonte: IBGE (2019)

Plantas medicinais têm sido usadas como tratamento para doenças agudas, como curativos para picadas de insetos e mordidas de animais, e como paliativos para uma variedade de doenças crônicas por milênios. Demonstrou-se que extratos de caules, cascas, raízes e frutas contêm uma variedade de antioxidantes naturais e compostos bioativos que são úteis para uma multiplicidade de aplicações farmacêuticas, cosméticas, industriais e agrícolas (Petrovska, 2012).

Com uma diversidade extensa de plantas, o Brasil sempre utilizou sua flora para a produção de terapias caseiras, fruto do conhecimento dos povos originários que sabiam lidar com plantas para uso terapêutico próprio (Gois *et al.*, 2016). Tais conhecimentos tradicionais foram passados de geração em geração e, atualmente, existem diversos substratos, óleos, vitaminas, essências, entre outros compostos, extraídos de plantas nativas para uso medicinal e fitoterápico. Dessa forma, aprendeu-se que da flora brasileira diversos componentes poderiam ser aproveitados

em áreas como cosméticos, formulações nutracêuticas e até medicamentos (Simonetti; Pereira, 2021). Assim, o cerrado se une a essas possibilidades como um ambiente rico e diverso capaz de gerar a partir de sua biodiversidade compostos de interesse da saúde humana. Com o aumento do interesse pelos fitoterápicos do cerrado, o conhecimento das espécies bioativas tem grande importância na validação fitoquímica e de seus reais efeitos medicinais proporcionados por seus metabólitos secundários, justificando sua preservação e potencial cultivo sustentável (Xavier-Silva *et al.*, 2018).

Mesmo com uma diversidade vegetal imensa e ciente dos saberes populares no uso de plantas com propriedades fitoterápicas, são ainda escassos estudos que levem biomoléculas para produção de novos fármacos (Gois *et al.*, 2016). A grande quantidade de espécies vegetais do cerrado e sua dispersão pelo território brasileiro, muitas vezes, dificultam um estudo prospectivo aprofundado, já que, para medir os reais efeitos fitoterápicos, três esferas devem trabalhar de forma interdisciplinar: etnobotânica, fitoquímica e farmacologia. É inegável que, quando bem aproveitadas, as biomoléculas advindas de plantas da savana brasileira têm uma importância socioeconômica considerável, entretanto isso contrasta com o fato de que o cerrado vem sendo cada vez mais explorado e degradado pelas monoculturas agrícolas e pela pecuária extensiva (Bessa *et al.*, 2013). Fortalecer as tecnologias oriundas desse bioma, em especial, da flora, proporciona não apenas o desenvolvimento econômico da região como também auxilia na conservação ambiental e estimula um modelo agroextrativista sustentável (Ganem *et al.*, 2013).

No Brasil, as patentes são protegidas por força da Lei n. 9.279/96, que disciplina a propriedade industrial, e são divididas em patentes de invenção e de modelo de utilidade (Brasil, 1996). Neste artigo, o estudo está focado nas patentes de invenção, por elas abrangerem o objeto de pesquisa.

Para receber a concessão de uma patente e dispor do privilégio de exploração econômica da sua criação de forma exclusiva, o inventor deve se assegurar de que há, de fato, uma invenção. Conforme aponta a conceituação de Negrão (2020, p. 45), a invenção é um “[...] ato humano de criação original, lícito, não compreendido no estado da técnica e suscetível de aplicação industrial”. O artigo 8<sup>a</sup> da Lei n. 9.279 prevê também os requisitos de novidade, de atividade inventiva e de aplicação industrial (Brasil, 1996).

A lei também enumera o que não é passível de patenteamento. Dessa forma, não podem ser patenteados “[...] o todo ou parte de seres vivos naturais e materiais biológicos encontrados na natureza, ou ainda que dela isolados, inclusive o genoma ou germoplasma de qualquer ser vivo natural e os processos biológicos naturais [...]” (Brasil, 1996, art. 10), por vedação do artigo 10, inciso IX da citada lei, uma vez que são considerados meras descobertas. Além disso, a convenção sobre Diversidade Biológica, de 1992, promulgada pelo Decreto n. 2.519/1998, trata sobre biopirataria, a qual é conceituada como exploração, manipulação, exportação de recursos biológicos, com fins comerciais, em contrariedade às normas previstas nesse decreto (Brasil, 1998). Entretanto, o desenvolvimento de novos produtos a partir de tais seres vivos e materiais biológicos, desde que haja resolução de um problema técnico e aplicação industrial, além dos demais requisitos de patenteabilidade, confere à criação o título de invenção e, por conseguinte, a torna passível de ser patenteada (Santos, 2019).

Uma vez realizado o depósito da patente de um medicamento, há um longo processo até a efetiva concessão da patente. No entanto, é possível que o depositante comece a explorar a tecnologia comercialmente, mesmo sem a finalização do processo de patenteamento, inclusive com o recebimento de *royalties*, consoante os artigos 58 e 61 da Lei de Propriedade Industrial (Brasil, 1996).

As formas de exploração da tecnologia podem ser direta, quando o próprio titular da patente comercializa o objeto inventivo, ou indireta, por licenciamento (autorização ou permissão de uso) ou por cessão (transferência de titularidade ou alienação). Para tanto, o contrato firmado entre as partes deve ser averbado no INPI para que valha perante terceiros após a sua devida publicação, mas os efeitos entre as partes contratantes são imediatos e independem de averbação. Além disso, em se tratando de transferência de tecnologia para o exterior, o STJ entende que o INPI pode alterar as cláusulas contratuais de forma a fixar melhores condições de uso da patente em observância às funções sociais, econômicas e jurídicas no Brasil (Teixeira, 2019).

No que se refere aos medicamentos, também é necessário que haja aprovação de registro pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), sem esse registro não é possível fabricar e comercializar o fármaco ou entregá-lo ao consumo de pacientes. Inclusive, o conceito de medicamento é bastante amplo, considerando-se que

[...] qualquer produto para o qual sejam feitas alegações terapêuticas, independentemente da sua natureza (vegetal, animal, mineral ou sintética), deve ser considerado medicamento e requer registro na Anvisa para ser fabricado e comercializado (Anvisa, 2022).

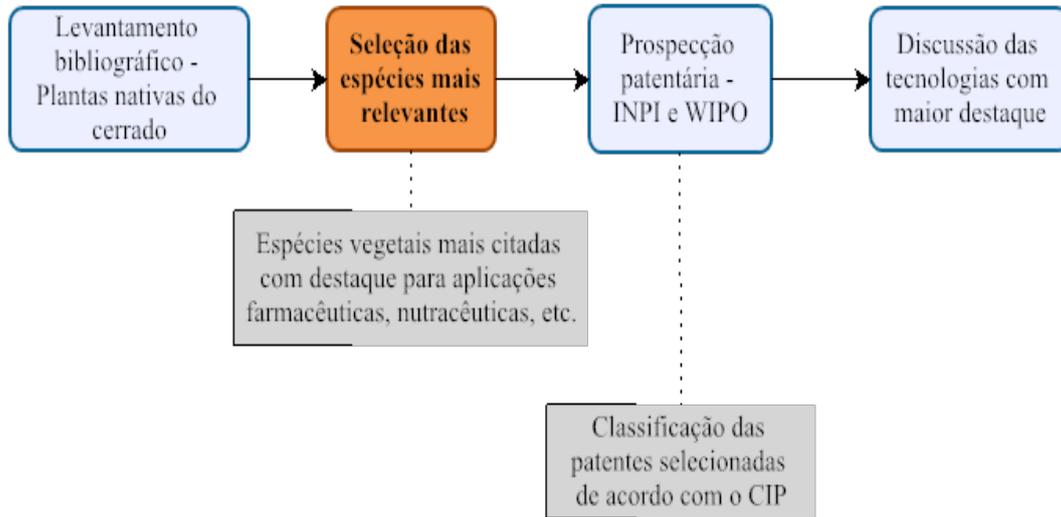
Para a concessão do registro, a Anvisa avalia diversos documentos, de forma a garantir que o fármaco a ser aprovado possua qualidade, segurança e eficácia. Nesse sentido, o processo de aprovação possui diversas fases, que são: (a) fase não clínica, na qual há experimentos em laboratórios e em animais; (b) fase de desenvolvimento do medicamento, com a escolha de forma farmacêutica e formulação; (c) fase clínica, com a averiguação de segurança e de funcionamento do medicamento em seres humanos; (d) registro, fase em que a empresa solicitante apresenta as documentações comprobatórias de qualidade, eficácia e segurança do medicamento, além de certificações de cumprimento de boas práticas de fabricação; e (e) pós-mercado, que inclui o monitoramento de efeitos adversos do fármaco uma vez posto em circulação no mercado (Anvisa, 2022).

Neste estudo, foram revisados levantamentos etnobotânicos publicados de plantas medicinais utilizadas entre membros de comunidades do cerrado para identificar as plantas mais comumente citadas. Uma busca de patentes foi então realizada usando os nomes comuns e científicos das plantas mais comumente citadas para catalogar as patentes existentes relacionadas a essas plantas e seus derivados. Uma revisão da literatura científica relacionada às plantas mais comumente citadas também foi realizada para identificar áreas em que patentes e conhecimento científico se sobrepõem e onde faltam patentes para produtos que poderiam ser derivados de plantas do cerrado. Os resultados dessas análises serão usados para sugerir futuras direções para produtos patenteáveis derivados de plantas do cerrado.

## 2 Metodologia

Este estudo prospectivo foi realizado em três etapas principais: levantamento bibliográfico, seleção de espécies vegetais de interesse e prospecção patentária (Figura 2).

**Figura 2** – Fluxograma metodológico aplicado à busca de tecnologias associadas a variedades de plantas do cerrado brasileiro



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Para delimitar o escopo de plantas a serem estudadas, sete artigos foram utilizados como base e, assim, direcionaram a seleção das espécies mais citadas. Os estudos escolhidos estão apresentados no Quadro 1. Os artigos foram buscados na base de dados Google Acadêmico, já que se trata de literatura essencialmente em língua portuguesa.

**Quadro 1** – Artigos utilizados no levantamento bibliográfico das plantas do cerrado

TÍTULO	PERIÓDICO	ANO
Levantamento etnobotânico de plantas medicinais no domínio do cerrado na região do alto rio grande – Minas Gerais.	Ciência e Agrotecnologia	2001
Levantamento etnobotânico das plantas medicinais do cerrado utilizadas pela população de Mossâmedes (GO)	Revista Brasileira de Farmacognosia	2003
Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil	Acta Botanica Brasilica	2006
Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí	Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	2006
Levantamento das Plantas Mediciniais do Cerrado <i>Sensu Stricto</i> da Fazenda Paraíso – Dourados, MS	Revista Brasileira de Biociências	2007
Diversidade e uso de plantas medicinais por comunidades quilombolas Kalunga e Urbanas, no nordeste do estado de Goiás-GO, Brasil	Universidade de Brasília	2009
Diversidade de angiospermas e espécies medicinais de uma área de Cerrado	Revista Brasileira de Plantas Mediciniais	2015

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

As espécies vegetais selecionadas nos artigos do Quadro 1 estão apresentadas no Quadro 2. Foram especificados nome comum, nome científico, quantidade de citações nas publicações e os principais usos. De posse das informações das espécies selecionadas, o estudo bibliográfico foi aprofundado com foco nas aplicações fitoterápicas e medicinais.

A busca patentária foi realizada junto à base de dados do PatentScope da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e na base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), utilizou-se o campo de buscas *Resumo* para inserção dos termos. Os termos inseridos na busca por patentes foram: nome popular e o nome científico da planta, como descrito na Quadro 2. As patentes foram selecionadas de forma manual a fim de evitar quaisquer repetições e aquelas que não se encaixam no escopo desta pesquisa e/ou não têm relação direta com a planta em questão.

As patentes selecionadas foram classificadas quanto ao seu código da Classificação Internacional de Patentes (CIP), com um limite máximo de quatro códigos registrados por patente (documentos listados no Quadro 1). A fim de facilitar a análise de resultados, as áreas tecnológicas associadas a cada código CIP foram agrupadas na seção de resultados e discussão, seguindo as classificações a seguir: agricultura, química, cosméticos, alimentos, saúde, equipamentos e processos.

**Quadro 2** – Plantas do cerrado selecionadas e seu uso de acordo com a pesquisa etnobotânica

NOME COMUM	NOME CIENTÍFICO	# CITAÇÕES	Usos
Jatobá-do-cerrado	<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart.	7	Adstringente, Afecções de bexiga e próstata, Afecções pulmonares, Anemia, Anti-inflamatório, Bronquites, Coqueluche, Depurativo, Estimulante de apetite, Gripe, Inflamação, Sinusite, Tosses, Vermífuga
Mama-cadela	<i>Brosimum gaudichaudii</i>	6	Acnes, Bronquite, Calmante, Coluna, Depurativo sangue, Dermatites, Gripes, Hepatite, Infecções, Má circulação de sangue, Resfriados, Viroses animais, Vítigo
Pau-terra	<i>Qualea grandiflora</i> Mart.	6	Adstringentes, Cólicas intestinais, Contra amebas, Diarreias com sangue, Dores estomacais, Ferimentos, Inflamações
Araticum	<i>Annona crassiflora</i> Mart.	5	Adstringente, Inseticida, Diarreia
Mangaba	<i>Hancornia speciosa</i> Gomez	5	Afecções pulmonares, Câimbras, Cólica menstrual, Depurativo sangue, Diabetes, Dor de barriga, Gastrite, Hipertensão, Luxações, Obesidade
Barbatimão	<i>Stryphnodendron adstringens</i>	5	Adstringente, Anti-inflamatório, Antisséptico, Bleenorrágia, Calvície, Cicatrizante, Diarreia, Úlcera, Uretrites
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>	5	Adstringente, Afrodisíaco, Asma, Bronquite, Coqueluche, Gripes, Resfriados, Tônico, Tumores, Tônico

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo

### 3 Resultados e Discussão

As plantas do cerrado selecionadas foram: jatobá-do-cerrado, mama-cadela, pau-terra, araticum, mangaba, barbatimão e pequi a partir dos critérios de seleção já informados no Quadro 1. Para melhor compreensão, será apresentada individualmente cada planta.

#### 3.1 Jatobá-do-cerrado

A planta medicinal mais citada entre os levantamentos etnobotânicos utilizados neste estudo foi o jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.), membro da família Fabaceae que pode atingir até 10 metros de altura e se caracteriza por apresentar frutos com casca dura e com uma polpa seca semelhante à farinha. Várias preparações de resina, cascas da árvore, folhas e cascas das frutas de *H. stigonocarpa* são recomendadas para o tratamento de uma variedade de doenças na medicina popular (Quadro 2), enquanto a fruta é usada como fonte de alimento, a madeira é usada como material de construção. Uma busca por patentes relacionadas ao jatobá retornou um número significativo de resultados relacionados a uma espécie de jatobá não nativa do cerrado (*H. courbaril* L.), porém uma busca mais específica por jatobá-do-cerrado (*H. stigonocarpa*) encontrou zero resultados nos bancos de dados do INPI e da OMPI.

Apesar da ausência de quaisquer patentes especificamente relacionadas à *H. stigonocarpa* no banco de dados, a literatura científica publicada relaciona uma variedade de potenciais aplicações medicinais, alimentares, industriais e ambientais para *H. stigonocarpa*. A presença de compostos bioativos em várias partes da planta, incluindo flavonoides, terpenos, esteroides, diterpenos e carotenoides geraram o interesse nas aplicações fitoterápicas da planta (Silva *et al.*, 2014; Saldanha *et al.*, 2019). Vários estudos utilizando extratos de casca em modelos de roedores demonstraram atividade antiúlcera, antidiarreica e anti-inflamatória, sugerindo a utilidade das plantas no tratamento de problemas gastrointestinais (Orsi *et al.*, 2012; Orsi; Seito; Di Stasi, 2014), enquanto outro estudo usando extrato de casca mostrou potencial atividade antimicrobiana (Dimech *et al.*, 2013). Estudos adicionais mostraram que extratos de casca podem ser usados como inibidores de corrosão em aço (Policarpi; Spinelli, 2020), enquanto amidos derivados da fruta podem ser usados para criar embalagens biodegradáveis (Menezes Filho; Oliveira Filho; Porfiro, 2021), e derivados de farinha da fruta podem ser usados como um substituto da farinha de trigo em produtos de consumo (Silva; Silva; Chang, 1998). Os resultados desta revisão da literatura indicam que existem oportunidades significativas para identificar e criar produtos patenteáveis de *H. stigonocarpa* e seus derivados, incluindo novos medicamentos para distúrbios gastrointestinais ou pulmonares, produtos alimentícios ou itens com utilidade industrial.

#### 3.2 Mama-cadela

A segunda planta medicinal mais citada foi a mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii*), da família Moraceae que pode atingir até 8 metros de altura e produzir pequenos frutos alaranjados. Folhas, raízes e cascas da árvore mama-cadela são frequentemente consumidas na forma de chá ou tintura como tratamento para vitiligo, bronquite e outras doenças (Quadro 2), já a fruta pode ser usada para a preparação de doces. Uma pesquisa de patentes para *B. gaudichaudii* encon-

trou um número limitado de resultados ( $n = 5$ ), com três patentes relacionadas a composições para tratamento de cabelo (cosmética), uma patente relacionada a um tratamento para vitiligo (saúde) e uma relativa ao uso e à elaboração de látex derivado de *B. gaudichaudii* (química). Todas as patentes disponíveis foram depositadas na base de dados do INPI entre 1992-2019, mas nenhuma patente foi encontrada no banco de dados da OMPI.

Uma revisão da literatura científica relacionada a essa espécie demonstrou pesquisas nas aplicações médicas, industriais e alimentares de mama-cadela. Vários artigos foram escritos investigando a presença de compostos bioativos em mama-cadela, o que revelou a presença de antioxidantes conhecidos, incluindo flavonoides, cumarinas, derivados de terpenoides e taninos (Borges *et al.*, 2017; Engelbrecht *et al.*, 2021). Há interesse contínuo no uso de extrato de raiz de mama-cadela no tratamento de vitiligo (Martins *et al.*, 2020, 2021) usando linhagens celulares e roedores como modelos experimentais com resultados promissores em relação aos métodos de tratamento existentes que dependem de compostos sintéticos. Pesquisas adicionais em andamento envolvem o uso de extrato de *B. gaudichaudii* como um antioxidante natural usado em hambúrgueres de carne bovina para prevenir a oxidação de lipídios e estender a vida útil do alimento, prática que provou ser muito bem-sucedida (Ferreira *et al.*, 2019). Outros novos usos de mama-cadela incluem a utilização de farinha de semente de *B. gaudichaudii* como substituto da farinha de trigo no pão de mel brasileiro (Alves; Asquiere; Damiani, 2022) e a extração e purificação de uma proteína ligante de lactose de sementes de mama-cadela para o desenvolvimento de um sistema de remoção de lactose para produtos lácteos (Batista *et al.*, 2017). Atualmente há um número limitado de patentes para mama-cadela, sendo a maioria relacionada a usos cosméticos e de saúde. Os resultados desta revisão de literatura mostram que existe uma variedade de usos adicionais para essa planta e seus derivados.

### 3.3 Pau-terra

O pau-terra (*Qualea grandiflora* Mart.) chega a atingir 30 metros de altura e é da família Vochysiaceae. O chá preparado a partir da casca e das folhas é frequentemente usado para tratar diarreia com sangue, cólicas intestinais e amebíase (Quadro 2), já a tintura extraída das frutas e raízes pode ser utilizada para a coloração de tecidos. Uma busca no banco de dados do INPI por patentes associadas ao *Q. grandiflora* não retornou resultados. O banco de dados da OMPI continha um resultado depositado em 2012 que mencionava a espécie, mas apenas como uma fonte potencial de 12 cadeias de ácidos graxos de carbono modificáveis usados para suplementação de nutrientes.

Em contraste, uma revisão da literatura científica produziu vários resultados de pesquisa que diziam respeito principalmente a potenciais usos médicos de extratos de pau-terra e suas composições químicas. Estudos realizados usando roedores sugerem que os extratos de folhas de *Q. grandiflora* são capazes de reduzir a atividade do sistema nervoso central com efeitos analgésicos e anticonvulsivos (Gaspi *et al.*, 2006). Outro estudo mostrou que o extrato da casca de *Q. grandiflora* inibe a formação de úlceras em roedores (Hiruma-Lima *et al.*, 2006). Extratos de folhas de pau-terra demonstraram eficácia limitada contra bactérias, incluindo *Streptococcus mutans* (Pires *et al.*, 2018), embora tenha demonstrado atividade antiprotzoária marcante contra *Trypanosoma brucei* e *Plasmodium falciparum* (Cordeiro *et al.*, 2017). Modelos de roedores infectados com *Plasmodium berghei* e tratados com extrato da fruta *Q. grandiflora* exibiram

recuperação semelhante aos grupos de controle tratados com o medicamento antimalárico cloroquina (Gonçalves *et al.*, 2020). Compostos bioativos comumente relatados presentes em extratos de casca incluem taninos, catequinas, esteroides, terpenoides e saponinas (Hiruma-Lima *et al.*, 2006), enquanto no extrato de frutas são relatadas as presenças de galotaninos, derivados de ácido elágico e flavonoides (Gonçalves *et al.*, 2020). Resultados de testes científicos indicam que a *Q. grandiflora* e seus derivados são úteis para o tratamento de doenças gastrointestinais e podem ser fonte de remédios patenteáveis, particularmente para indivíduos com alergia a tratamentos antiparasitários convencionais.

### 3.4 Araticum

A quarta planta medicinal mais citada foi o araticum (*Annona crassiflora* Mart.), membro da família Annonaceae que pode atingir de 4 a 8 metros de altura e produz frutos grandes e comestíveis. Folhas, cascas e sementes de *A. crassiflora* são indicadas para o tratamento de distúrbios intestinais incluindo diarreias (Quadro 2), enquanto a madeira pode ser utilizada para construção temporária, e os frutos podem ser consumidos *in natura* ou em receitas diversas. Uma busca no banco de dados do INPI por patentes associadas à *A. crassiflora* não encontrou resultados, mas o banco de dados da OMPI retornou 17 resultados, embora apenas quatro deles fossem relevantes. Depositados entre 2012 e 2017, dos quatro resultados, um era para um método de preparação de compostos de acetogenina anonácea comuns à família Annona, e não a araticum em particular (química), enquanto as outras patentes eram relacionadas a produtos industriais e uma a composição cosmética, todas citaram apenas o extrato de *A. crassiflora* como um componente potencial entre muitos.

Uma busca na literatura científica encontrou uma quantidade significativa de pesquisas relacionadas ao araticum. Em uma revisão cobrindo a extensão da literatura relacionada à *A. crassiflora*, foi descoberto que extratos de sementes, folhas, caules, cascas de frutas e polpa de araticum demonstraram atividade antioxidante, hepatoprotetora, anti-inflamatória, antitumoral, analgésica e antidiarreica em vários roedores e linhagens celulares (Arruda; Pastore, 2019). Estudos adicionais abordados nesta revisão encontraram atividade antialzheimer, propriedades antimicrobianas, antiparasitárias e inseticidas (Arruda; Pastore, 2019). A presença de compostos bioativos em extratos de araticum tem sido amplamente relatada e inclui minerais, lipídios, fitoesteróis, tocóis, carotenoides, óleos essenciais, compostos voláteis, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, acetogeninas anonáceas e alcaloides (Arruda; Pastore, 2019; Luzia; Jorge, 2013; Roelser *et al.*, 2007). Um estudo do pó da semente de araticum como um biossorbente para remoção de corante de efluentes têxteis proporcionou resultados promissores (Franco *et al.*, 2020), enquanto a utilização da polpa de araticum na preparação de caramelos de leite (Arruda *et al.*, 2016) e o uso da polpa de araticum desidratada como substituto da farinha no pão tiveram sucesso (Villela; Batista; Dessimoni-Pinto, 2013). Juntos, esses resultados sugerem que os derivados da planta *A. crassiflora* podem ser usados para uma variedade de produtos inovadores nas indústrias de alimentos, ração animal, agrícola, cosmética, farmacêutica e médica.

### 3.5 Mangabeira

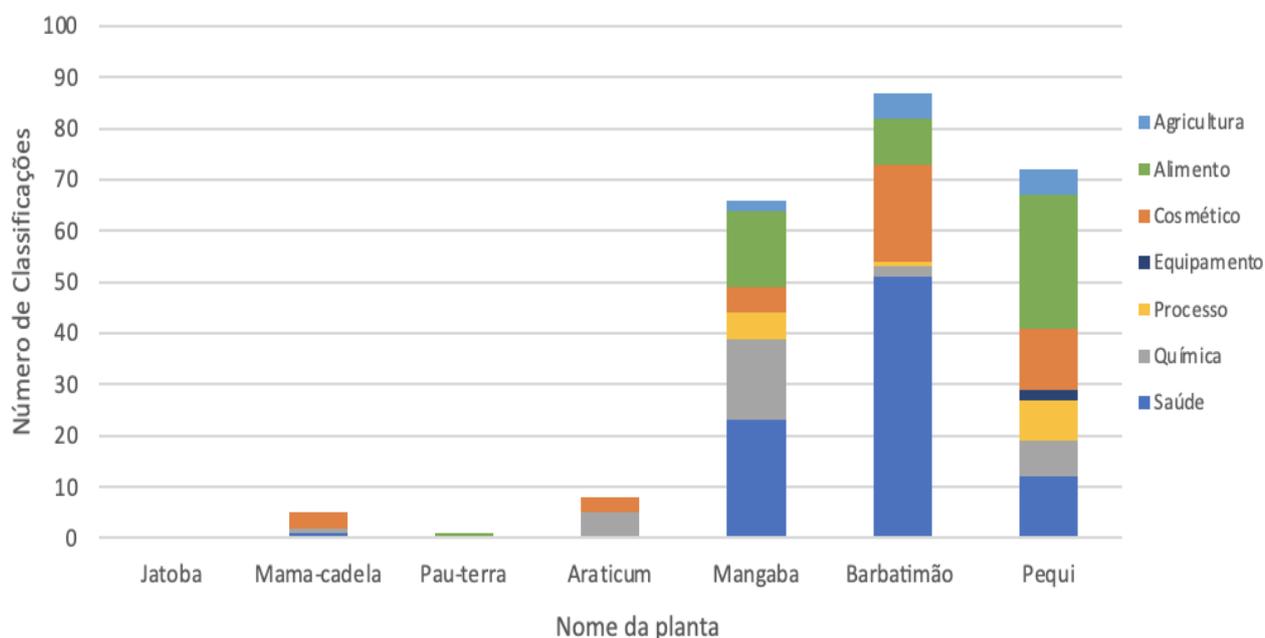
A mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) é um produtor de látex da família Apocynaceae que pode atingir de 4 a 7 metros de altura e produz o conhecido fruto mangaba. O chá de folhas e cascas da mangabeira é frequentemente utilizado para tratar resfriados, úlceras, problemas renais e cólicas menstruais (Quadro 2), enquanto o látex pode ser usado para fins medicinais e industriais. A pesquisa do banco de dados do INPI por *H. speciosa* encontrou 20 patentes que abrangem uma variedade de aplicações relacionadas à saúde (20 classificações), a alimentos (15 classificações), à química (13 classificações), a cosméticos (4 classificações), à agricultura (2 classificações) e a processos (2 classificações) (Figura 3). Nove patentes adicionais para diferentes confecções feitas à base de mangaba (licor, doce, bombom, bala, mangaba cristalizada, bolo, trufa, biscoito e geleia) também foram encontradas na base de dados do INPI, mas não foram incluídas nesta análise. O banco de dados da OMPI gerou cinco resultados com aplicações de saúde (3 classificações), de química (3 classificações), de processos (3 classificações) e de cosmético (1 classificação). As datas de depósito das patentes de *H. speciosa* variam de 1901 a 2019, com a primeira patente envolvendo o uso de látex de mangaba na indústria de borracha britânica, seguido mais recentemente por métodos de preparação de extratos de *H. speciosa*, várias patentes envolvendo composições antibacterianas, preparações relacionadas a alimentos e bebidas e uma variedade de outras aplicações.

Uma pesquisa da literatura científica relacionada gerou resultados igualmente amplos. Em roedores, o látex extraído da mangabeira exibiu atividade anti-inflamatória (Marinho *et al.*, 2011), enquanto o extrato da fruta também demonstrou atividade anti-inflamatória (Torres-Rêgo *et al.*, 2016), descobertas ainda corroboradas por ensaios utilizando injeções de veneno de escorpião tratadas com doses orais de suco de mangaba (Yamashita *et al.*, 2020). Uma comparação do látex de *H. speciosa* com o látex tradicional de *Hevea brasiliensis* (seringueira) mostrou propriedades muito semelhantes e demonstra sua potencial utilidade industrial do látex de mangabeira junto com uma adequação para aplicações em situações que a alergia ao látex tradicional é problemática (Malmonge *et al.*, 2009). As membranas funcionais compostas de látex de *H. speciosa* têm um desempenho semelhante às membranas de látex tradicionais na promoção da cicatrização e corroboram a utilização médica desse látex (Bonete *et al.*, 2020). Roedores tratados com o extrato da folha de *H. speciosa* exibiram efeitos anti-hipertensivos significativos (Silva *et al.*, 2016), enquanto outros estudos demonstraram a utilidade potencial do extrato da folha (Pereira *et al.*, 2015) e do látex no tratamento do diabetes (Tomazi *et al.*, 2021). A análise de HPLC de vários extratos de plantas mostrou a presença de ácido ascórbico e uma variedade de compostos de ácido fenólico antioxidante, incluindo ácido clorogênico e rutina (Torres-Rêgo *et al.*, 2016; Yamashita *et al.*, 2020). No geral, existem pesquisas científicas significativas sobre a mangabeira e seus derivados, o que demonstrou a utilidade dessa planta. Como resultado, foram apresentados um grande número de pedidos de patentes cobrindo uma vasta gama de usos potenciais dessa planta.

### 3.6 Barbatimão

Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) é outra planta medicinal comumente citada entre as comunidades do cerrado e é da família Fabaceae que pode atingir de 2 a 8 metros de altura. Na medicina popular, a casca e o extrato da folha do barbatimão são comumente indicados para o tratamento de diarreias, úlceras e como cicatrizante, entre muitos outros usos (Quadro 2). Os bancos de dados do INPI e da OMPI contêm 36 patentes para *S. adstringens* que cobrem aplicações relacionadas à saúde (51 classificações), a cosméticos (19 classificações), a alimentos (9 classificações), à agricultura (5 classificações), à química (2 classificações) e a processos (1 classificação) (Figura 3). Todas as patentes foram depositadas entre 1995-2020 e cobrem uma ampla gama de produtos potenciais, incluindo alimentos, pesticidas, tratamentos para úlceras, preparações cosméticas para cabelo e pele e tratamentos do papilomavírus humano e do vírus da imunodeficiência humana, adesivos naturais, bem como métodos padronizados para a preparação de extratos de *S. adstringens*. Um exemplo expressivo de um produto é uma pomada tópica contendo 3% de extrato de barbatimão que está atualmente no mercado no Brasil com o nome de Fitoscar® (PI 0305535-3 A). Originalmente testado e desenvolvido em uma parceria entre a Universidade de Ribeirão Preto e o Ministério da Saúde, o FitoScar agora é produzido e distribuído pela Apsen Farmaceutica S.A., demonstrando como a colaboração entre entidades públicas e privadas pode trazer um produto altamente eficaz ao mercado (Marques; Souza, 2012).

**Figura 3** – Classificações de patentes por planta



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Em uma revisão da literatura científica, o extrato da casca de *S. adstringens* exibiu propriedades anticancerígenas (Baldivia *et al.*, 2018), antiúlcera (Audi *et al.*, 1999), antifúngica (Ishida *et al.*, 2006), antiprotozoário (Holetz *et al.*, 2005), anti-inflamatória (Lima; Martins; Souza, 1998), antiviral (Felipe *et al.*, 2006) e antibacteriana (Audi *et al.*, 2004) tanto *in vitro* quanto em experimentos *in vivo*. Estudos usando roedores também descobriram que aplicações tópicas de barbatimão promovem a cicatrização de feridas (Hernandes *et al.*, 2010; Pinto *et al.*, 2015; Pellenz *et al.*, 2019). A análise da composição química de extratos vegetais relata a presença de uma variedade de compostos bioativos, incluindo ácido gálico, galocatequina, epigalocatequina, proantocianídeos diméricos e triméricos (Baldivia *et al.*, 2018), bem como taninos, chalconas e compostos triterpenoides (Lima; Martins; Souza, 1998). Experimentos relativos ao uso de taninos extraídos da casca de *S. adstringens* como adesivo natural para compensados se mostraram bem-sucedidos (Carvalho *et al.*, 2014), enquanto em outro estudo o extrato de barbatimão foi incorporado em embalagens plásticas de alimentos como um meio potencial de estender a vida útil de produtos alimentícios (Nascimento *et al.*, 2021). A diversidade da pesquisa científica realizada sobre *S. adstringens* se reflete no número significativo de patentes disponíveis para essa espécie.

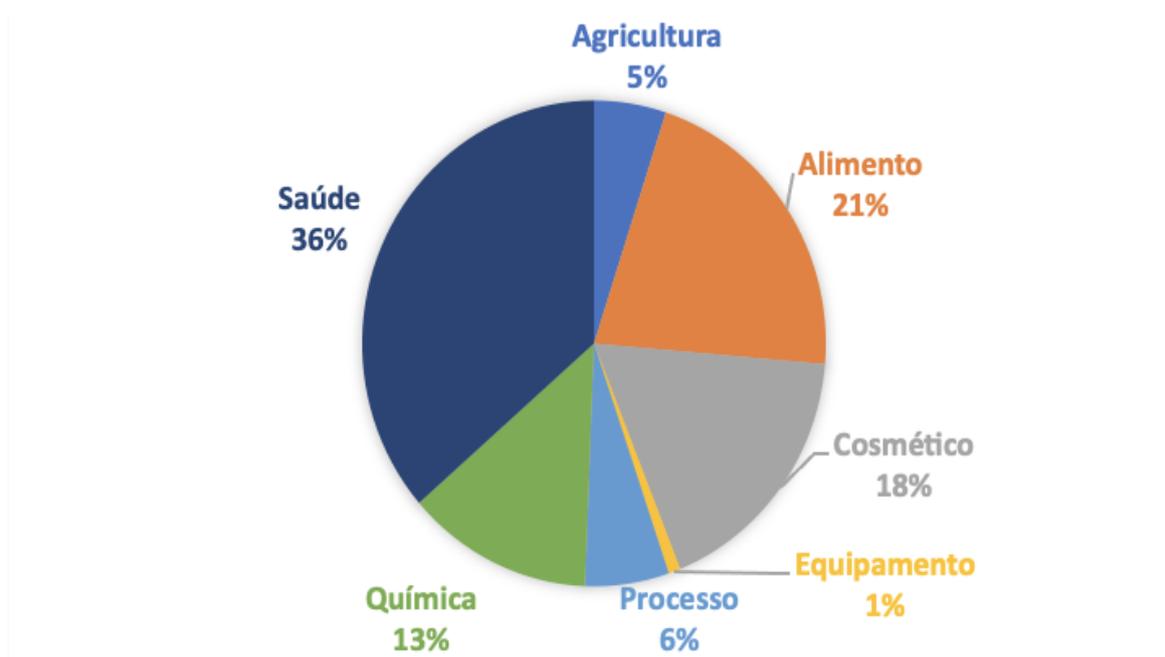
### 3.7 Pequi

O pequi (*Caryocar brasiliense*), planta conhecida por seus caroços com polpa amarela rica em óleo e seus espinhos internos, tem grande destaque entre as plantas nativas do cerrado que são consumidas pela população local (Boas *et al.*, 2013). Além de sua utilização culinária, o pequi tem sido estudado pela versatilidade dos compostos presentes em sua polpa (Geöcze *et al.*, 2021), o manejo e a conversão sustentável de seus rejeitos, como suas cascas, em seu processo de beneficiamento (Scapin *et al.*, 2020), chegando até a ser usado para produção de biocombustíveis (Dos Santos *et al.*, 2020). A partir da busca por patentes no INPI e na OMPI para o pequi, foram encontrados um total de 36 resultados que cobrem aplicações relacionadas a alimentos (26 classificações), à saúde (13 classificações), a cosméticos (12 classificações), a processos (8 classificações), à química (7 classificações), à agricultura (5 classificações) e a equipamentos (2 classificações) (Figura 3).

A produção científica sobre o pequi constata essencialmente estudos centralizados na polpa do pequi, como esperado, já que se trata da parte comestível da planta utilizada em diversas receitas da culinária regional, da polpa se extrai óleo que é rico em ácidos graxos e triacilglicerídeos de interesse industrial, bem como vitaminas e outros compostos oxidantes com valor nutracêutico (Geöcze *et al.*, 2021). O óleo do pequi mostrou-se efetivo na cicatrização de lesões cutâneas em modelos vivos, fruto da presença de compostos fenólicos com propriedades antioxidantes, bem como a presença de carotenoides capazes de prevenir processos inflamatórios e infecciosos (Bezerra; Barros; Coelho, 2015). As cascas do pequi também foram avaliadas quanto ao seu potencial antioxidante, uma vez da presença de polifenóis. Tal atividade antioxidante foi avaliada como antidiabético, mostrando-se efetiva em testes *in vitro* e *in vivo* com a redução da glicose em testes de tolerância ao amido (Caldeira *et al.*, 2021). A composição de ácidos graxos presentes no óleo mostrou-se efetiva na atuação como adjuvante na prevenção de doenças cardiovasculares quando esse óleo é incluído na dieta convencional (Lorenzo; Santos; Lannes, 2021). O interesse no consumo do óleo gerou formulação de tecnologias capazes de adminis-

trá-lo de forma mais concentrada e direcionada quando da aplicação para complementação de um tratamento de saúde. De Sá Coutinho *et al.* (2020) estudaram a produção de nanoemulsões com óleo do pequi. Tal formulação obteve ótimos resultados no efeito anti-inflamatório em testes *in vivo* para doenças pulmonares (De Sá Coutinho *et al.*, 2020). Em conjunto com a análise de patentes, esses estudos demonstram a variedade de aplicações dos produtos derivados do pequi, em especial para saúde humana que já se mostra benéfico no tratamento de algumas doenças.

**Figura 4** – Total de classificações de patentes por tipo



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo

Destaca-se que a Figura 4 apresenta o total de classificação de patentes por tipo.

## 4 Considerações Finais

Produtos patenteados à base de plantas do cerrado e seus derivados, como o FitoScar (barbatimão), já existem no mercado brasileiro e são uma prova de que os conhecimentos tradicionais sobre os usos medicinais das plantas do cerrado possuem indicativos de reais efeitos terapêuticos traduzíveis em produtos patenteáveis aprovados pela Anvisa. Curiosamente, as plantas medicinais mais citadas (jatobá-do-cerrado, mama-cadela, pau-terra, araticum) não foram as plantas com maior número de patentes depositadas. A falta de métodos e de equipamentos padronizados para a coleta, processamento e preparação de extratos de plantas para as espécies frequentemente citadas apresenta uma possível explicação para a razão de se identificar o número inferior de patentes depositadas, uma vez que existem menos ferramentas para o aproveitamento dessas plantas.

Uma revisão da literatura científica mostrou que existe um potencial significativo para o desenvolvimento de novos produtos para plantas comumente utilizadas entre as comunidades do cerrado, mas menos conhecidas fora dessa região. Constatou-se também que as classificações de patentes relacionadas à saúde e cosméticos foram responsáveis por mais de 50% das patentes depositadas (Figura 4), porém o potencial para o desenvolvimento de novos produtos se estende além da criação de novos medicamentos e inclui a elaboração de produtos alimentícios, cosméticos e agrícolas.

## 5 Perspectivas Futuras

As plantas medicinais revisadas neste artigo representam apenas uma pequena porção do número total de espécies únicas encontradas no bioma cerrado (o número estimado de plantas com propriedades medicinais no cerrado é de mais de 500). A pesquisa sobre o uso dessas plantas é amplamente conduzida em universidades brasileiras, o que significa que a ênfase nas parcerias público-privadas é uma necessidade para descobrir e trazer produtos patenteáveis para o mercado, já que o investimento no estudo dessas plantas é potencialmente lucrativo e benéfico para as necessidades humanas. Observa-se o crescimento de artigos e pesquisas relacionadas a essa temática, uma vez que a indústria nutracêutica e farmacêutica busca a maior interação com cooperativas, indígenas e com comunidades isoladas, as quais apresentam saberes tradicionais dos povos da floresta, até então ainda não exploradas por esse segmento. Há uma infinidade de possibilidades e de aplicações de produtos derivados dessas riquezas naturais, as quais já se encontram em estudo avançado em etapas clínicas e *in vitro*.

## Referências

- ALVES, V. M.; ASQUIERI, E. R.; DAMIANI, C. Technological applicability of mama-cadela (*Brosimum gaudichaudii* Trecul) seed flour in gingerbread. **Revista Ciência Agrônômica**, [s.l.], v. 53, p. 1-8, 2022.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Registro de novos medicamentos**: saiba o que é preciso. Brasília, nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/registro-de-novos-medicamentos-saiba-o-que-e-preciso>. Acesso em: 4 nov. 2022.
- ARRUDA, H. S. *et al.* Development and sensory evaluation of products containing the Brazilian Savannah fruits araticum (*Annona crassiflora* Mart.) and cagaita (*Eugenia dysenterica* Mart.). **Brazilian Journal of Food Technology**, [s.l.], v. 19, p. 1-7, 2016.
- ARRUDA, H. S.; PASTORE, G. M. Araticum (*Annona crassiflora* Mart.) as a source of nutrients and bioactive compounds for food and non-food purposes: A comprehensive review. **Food Research International**, [s.l.], v. 123, p. 450-480, 2019.
- AUDI, E. A. *et al.* Biological Activity and Quality Control of Extract and Stem Bark From *Stryphnodendron adstringens*. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, [s.l.], v. 23, p. 328-333, 2004.
- AUDI, E. A. *et al.* Gastric Antiulcerogenic Effects of *Stryphnodendron adstringens* in Rats. **Phytotherapy Research**, [s.l.], v. 13, p. 264-266, 1999.

BALDIVIA, D. S. *et al.* Evaluation of In Vitro Antioxidant and Anticancer Properties of the Aqueous Extract from the Stem Bark of *Stryphnodendron adstringens*. **International Journal of Molecular Sciences**, [s.l.], v. 19, n. 8, p. 2.432, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms19082432>. Acesso em: 8 nov. 2021.

BATISTA, K. A. *et al.* Development of a new bioaffinity stationary phase for lactose removal using a lactose-binding lectin immobilized onto polyaniline. **Separation and Purification Technology**, [s.l.], v. 185, p. 54-60, 2017.

BESSA, N. G. F. de *et al.* Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 15, n. 4, suppl 1, p. 692-707, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500010>. Acesso em: 8 nov. 2021.

BEZERRA, N. K. M. S.; BARROS, T. L.; COELHO, N. P. M. F. A ação do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) no processo cicatricial de lesões cutâneas em ratos. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 17, n. 4, suppl 2, p. 875-880, 2015. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/1983-084X/14\\_061](https://doi.org/10.1590/1983-084X/14_061). Acesso em: 12 nov. 2021.

BOAS, Brígida Monteiro Vilas *et al.* Caracterização física, química e bioquímica do mesocarpo interno de frutos do pequizeiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento. **Ciência Rural**, [s.l.], v. 43, n. 12, p. 2.285-2.290, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013001200027>. Acesso em: 12 nov. 2021.

BONETE, J. M. *et al.* Tissue reaction and anti-biofilm action of new biomaterial composed of latex from *Hancornia speciosa* Gomes and silver nanoparticles. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 92, p. 1-14, 2020.

BORGES, J. C. *et al.* Evaluation of antibacterial activity of the bark and leaf extracts of *Brosimum gaudichaudii* Trécul against multidrug resistant strains. **Natural Product Research**, [s.l.], v. 31, p. 2.931-2.935, 2017.

BRASIL. **Lei n. 9.279/96, de 14 de maio de 1996**. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19279.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19279.htm). Acesso em: 19 out. 2021.

BRASIL. **Decreto n. 2.519, de 16 de março de 1998**. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1998/dec\\_2519\\_1998\\_convencaosobrediversidadebiologica.pdf](https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1998/dec_2519_1998_convencaosobrediversidadebiologica.pdf). Acesso em: 20 out. 2022.

CALDEIRA, A. S. P. *et al.* Bioguided chemical characterization of pequi (*Caryocar brasiliense*) fruit peels towards an anti-diabetic activity. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 345, p. 128734, May, 2021. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.128734.

CARVALHO, A. G. *et al.* Tannin Adhesive from *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville in Plywood Panels. **Bioresources**, [s.l.], v. 9, p. 2.659-2.670, 2014.

CORDEIRO, T. M. *et al.* Brazilian Cerrado *Qualea grandiflora* Mart. Leaves Exhibit Antiplasmodial and Trypanocidal Activities In vitro. **Pharmacognosy Magazine**, [s.l.], v. 13, p. 668-672, 2017.

DE SÁ COUTINHO, D. *et al.* Pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess)-Loaded Nanoemulsion, Orally Delivered, Modulates Inflammation in LPS-Induced Acute Lung Injury in Mice. **Pharmaceutics**, [s.l.], v. 12, n. 11, p. 1.075, 11 Nov. 2020. DOI: 10.3390/pharmaceutics12111075.5053.20200023.

- DIMECH, G. S. *et al.* Phytochemical and Antibacterial Investigations of the Extracts and Fractions from the Stem Bark of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne and Effect on Ultrastructure of *Staphylococcus aureus* Induced by Hydroalcoholic Extract. **The Scientific World Journal**, [s.l.], p. 1-8, 2013.
- DOS SANTOS, R. C. M. *et al.* Ethyl esters obtained from pequi and macaúba oils by transesterification with homogeneous acid catalysis. **Fuel**, [s.l.], v. 259, p. 116206, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116206>.
- ENGELBRECHT, L. M. W. *et al.* Chemical Characterization, Antioxidant and Cytotoxic Activities of the Edible Fruits of *Brosimum gaudichaudii* Trécul, a Native Plant of the Cerrado Biome. **Chemistry and Biodiversity**, [s.l.], v. 18, p. 1-12, 2021.
- FELIPE, A. M. M. *et al.* Antiviral Effect of *Guazuma ulmifolia* and *Stryphnodendron adstringens* on Poliovirus and Bovine Herpesvirus. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, [s.l.], v. 29, p. 1.092-1.095, 2006.
- FERREIRA, N. S. O. *et al.* Effect of adding *Brosimum gaudichaudii* and *Pyrostegia venusta* hydroalcoholic extracts on the oxidative stability of beef burgers. **LWT – Food Science Technology**, [s.l.], v. 108, p. 145-152, 2019.
- FRANCO, E. A. P.; BAROS, R. F. M. Uso e diversidade de plantas medicinais no Quilombo Olho D'água dos Pires, Esperantina, Piauí. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, [s.l.], v. 8, p. 78-88, 2006.
- FRANCO, D. S. P. *et al.* Araticum (*Annona crassiflora*) seed powder (ASP) for the treatment of colored effluents by biosorption. **Environmental Science and Pollution Research**, [s.l.], v. 27, p. 11.184-11.194, 2020.
- GANEM, Roseli Senna *et al.* Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerrado biome. **Ambiente & Sociedade**, [s.l.], v. 16, n. 3, p. 99-118, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1414-753X2013000300007>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- GASPI, F. O. G. *et al.* Pharmacological activities investigation of crude extracts and fractions from *Qualea grandiflora* Mart. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 107, p. 19-24, 2006.
- GEÖCZE, K. C. *et al.* Caryocar brasiliense Camb. fruits from the Brazilian Cerrado as a rich source of carotenoids with pro-vitamin A activity. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 101, p. 103943, Aug. 2021. DOI: 10.1016/j.jfca.2021.103943.
- GOIS, M. A. F. *et al.* Etnobotânica de espécies vegetais medicinais no tratamento de transtornos do sistema gastrointestinal. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 547-557, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1590/1983-084X/15\\_170](https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_170). Acesso em: 8 nov. 2021.
- GONÇALVES, G. S. *et al.* Chemical Prospection of *Qualea grandiflora* Mart. Fruit and Stem Extracts and Their in vitro and in vivo Antiplasmodial Activity. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s.l.], v. 31, p. 1.475-1.484, 2020.
- HERNANDES, L. *et al.* Wound-healing evaluation of ointment from *Stryphnodendron adstringens* (barbatimão) in rat skin. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, [s.l.], v. 46, p. 431-436, 2010.
- HIRUMA-LIMA, C. A. *et al.* *Qualea grandiflora*, a Brazilian “Cerrado” medicinal plant presents an important antiulcer activity. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 104, p. 207-214, 2006.

HOLETZ, F. B. *et al.* Biological effects of extracts obtained from *Stryphnodendron adstringens* on *Herpetomonas samuelpessoai*. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s.l.], v. 100, p. 397-401, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass continentais do Brasil**: Síntese Descrição Biomass. IBGE, 2009. Disponível em: [https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/estudos\\_ambientais/biomass/documentos/Sintese\\_Descricao\\_Biomass.pdf](https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/estudos_ambientais/biomass/documentos/Sintese_Descricao_Biomass.pdf). Acesso em: 8 nov. 2021.

ISHIDA, K. *et al.* Influence of tannins from *Stryphnodendron adstringens* on growth and virulence factors of *Candida albicans*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, [s.l.], v. 58, p. 942-949, 2006.

LIMA, J. C. S.; MARTINS, D. T. O.; SOUZA, P. T. Souza. Experimental evaluation of stem bark of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville for antiinflammatory activity. **Phytotherapy Research**, [s.l.], v. 12, p. 218-220, 1998.

LORENZO, N. D.; SANTOS, O. V. dos; LANNES, S. C. da S. Fatty acid composition, cardiovascular functionality, thermogravimetric-differential, calorimetric and spectroscopic behavior of pequi oil (*Caryocar villosum* (Alb.) Pers.). **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 41, n. 2, p. 524-529, 2021. DOI: 10.1590/fst.16420.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of the lipid fraction of *Annona crassiflora* Mart. Seeds. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 2013, p. 231-235, 2013.

MALMONGE, J. A. *et al.* Comparative Study on the Technological Properties of Latex and Natural Rubber from *Hancornia speciosa* Gomes and *Hevea brasiliensis*. **Journal of Applied Polymer Science**, [s.l.], v. 111, p. 2.986-2.991, 2009.

MARINHO, D. G. *et al.* The latex obtained from *Hancornia speciosa* Gomes possesses anti-inflammatory activity. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 135, p. 530-537, 2011.

MARQUES, L. C.; SOUZA, C. M. Pesquisa e Desenvolvimento de Fitoterápicos: Relatos de Experiência em Indústria Farmacêutica Nacional. **Revista Fitos**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 50-66, 2012.

MARTINS, F. S. *et al.* Melanogenic Effect and Toxicity Assessments of Standardized Extract of *Brosimum gaudichaudii*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], v. 30, p. 597-601, 2020.

MARTINS, F. S. *et al.* Pharmacokinetic-Pharmacodynamic Characterization of a Topical Photochemotherapy Using *Brosimum gaudichaudii* in C56BL/6 Mice. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], v. 31, p. 184-192, 2021.

MASSAROTTO, N. P. **Diversidade e uso de plantas medicinais por comunidades quilombolas Kalunga e Urbanas, no nordeste do estado de Goiás-GO, Brasil**. 2009. 140p. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2009.

MENEZES FILHO, A. C. P.; OLIVEIRA FILHO, J. G.; PORFIRO, C. A. Development and evaluation of a biodegradable packaging from the aryl of the fruit of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne. **Scientific Electronic Archives**, [s.l.], v. 14, p. 11-18, 2021.

NASCIMENTO, K. M. *et al.* Properties of alginate films incorporated with free and microencapsulated *Stryphnodendron adstringens* extract (barbatimao). **Food Packaging and Shelf Life**, [s.l.], v. 21, p. 1-9, 2021.

NEGRÃO, Ricardo. **Curso de Direito Comercial e de Empresa**: teoria geral da empresa e direito societário. 16. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2020.

ORSI, P. R. *et al.* *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne: A Brazilian medicinal plant with gastric and duodenal anti-ulcer and antidiarrheal effects in experimental rodent models. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 143, p. 81-90, 2012.

ORSI, P. R.; SEITO, L. N.; DI STASI, L. C. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne: A tropical medicinal plant with intestinal anti-inflammatory activity in TNBS model of intestinal, **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 151, n. 1, p. 380-385, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.10.056>. Acesso: 21 nov. 2021.

PELLENZ, N. L. *et al.* Healing activity of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.), a Brazilian tanninrich species: A review of the literature and a case series. **Wound Medicine**, [s.l.], v. 26, 2019.

PEREIRA, A. C. *et al.* *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae) as a potential anti-diabetic drug. **Journal of Ethnopharmacology**, [s.l.], v. 161, p. 30-35, 2015.

PEREIRA, Z. V. *et al.* Levantamento das Plantas Medicinais do Cerrado *Sensu Stricto* da Fazenda Paraíso – Dourados, MS. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 249-251, 2007.

PETROVSKA B. B. Historical review of medicinal plants' usage. **Pharmacognosy Reviews**, [s.l.], v. 6, n. 11, p. 1-5, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4103/0973-7847.95849>.

PINTO, S. C. G. *et al.* *Stryphnodendron adstringens*: Clarifying Wound Healing in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. **Planta Med.**, [s.l.], v. 81, p. 1.090-1.096, 2015.

PIRES, J. G. *et al.* Hydroalcoholic extracts of *Myracrodruon urundeuva* All. and *Qualea grandiflora* Mart. leaves on *Streptococcus mutans* biofilm and tooth demineralization. **Archives of Oral Biology**, [s.l.], v. 91, p. 17-22, 2018.

POLICARPI, E. B.; SPINELLI, A. Application of *Hymenaea stigonocarpa* fruit shell extract as eco-friendly corrosion inhibitor for steel in sulfuric acid. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, [s.l.], v. 116, p. 215-222, 2020.

RODRIGUES, V. E. G.; CARVALHO, D. A. Levantamento Etnobotânico de Plantas Medicinais no Domínio do Cerrado na Região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, [s.l.], v. 25, p. 102-123, 2001.

ROELSER, R. *et al.* Antioxidant activity of *Annona crassiflora*: Characterization of major components by electrospray ionization mass spectrometry. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 104, p. 1.048-1.054, 2007.

SALDANHA, K. L. A. *et al.* Cytotoxic Action and Proliferation *in vitro* and Analgesic Activity *in vivo* of Resin from *Hymenaea stigonocarpa*. **Pharmacognosy Research**, [s.l.], v. 11, p. 193-200, 2019.

SANTOS, W. P. C. (org). **Conceitos e aplicações de propriedade intelectual**. Salvador: IFBA, 2019. v. 2.

- SCAPIN, Elisandra *et al.* Production of Furanic Compounds and Organic Acids from Brazilian Pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) Residues Using Green Chemistry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, [s.l.], v. 31, n. 7, p. 1.383-1.391, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200023>. Acesso em: 12 nov. 2021.
- SILVA, A. F.; RABELO, M. F. R.; ENOQUE, M. M. Diversidade de angiospermas e espécies medicinais de uma área de Cerrado. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, [s.l.], v. 17, p. 1.016-1.030, 2015.
- SILVA, C. P. *et al.* Chemical composition and antioxidant activity of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 34, p. 597-603, 2014.
- SILVA, G. C. *et al.* Potent antihypertensive effect of *Hancornia speciosa* leaves extract. **Phytomedicine**, [s.l.], v. 23, p. 214-219, 2016.
- SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 18, 1998.
- SIMONETTI, P. A. C.; PEREIRA, S. A. **Biomoléculas da Amazônia**: mapeando potenciais para inovação. Manaus (AM): Edua, 2021.
- SOUZA, C. D.; FELFILI, J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [s.l.], v. 20, p. 135-142, 2006.
- TEIXEIRA, Tarcisio. **Direito empresarial sistematizado**: doutrina, jurisprudência e prática. 8. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.
- TOMAZI, R. *et al.* Hypoglycemic Activity of Aqueous Extract of Latex from *Hancornia speciosa* Gomes: A Study in Zebrafish and In Silico. **Pharmaceuticals**, [s.l.], v. 14, p. 1-28, 2021.
- TORRES-RÊGO, M. *et al.* Anti-inflammatory activity of aqueous extract and bioactive compounds identified from the fruits of *Hancornia speciosa* Gomes (Apocynaceae). **BMC Complementary and Alternative Medicine**, [s.l.], v. 16, p. 1-10, 2016.
- VILA VERDE, G. M.; PAULA, J. R.; CARNEIRO, D. M. Caneiro. Levantamento etnobotânico das plantas medicinais do cerrado utilizadas pela população de Mossâmedes (GO). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, [s.l.], v. 13, p. 64-66, 2003.
- VILLELA, P.; BATISTA, A. G.; DESSIMONI-PINTO, N. A. V. Nutritional composition of *Annona crassiflora* pulp and acceptability of bakery products prepared with its flour. **Food Science and Technology**, [s.l.], v. 33, p. 417-23, 2013.
- XAVIER-SILVA, K. *et al.* Flora Medicinal do Cerrado: uma revisão de literatura. **Movimenta**, [s.l.], v. 11, n. 3, p. 425-434, 2018. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/movimenta/article/view/8058>. Acesso em: 8 nov. 2021.
- YAMASHITA, F. O. *et al.* Mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) fruit juice decreases acute pulmonary edema induced by *Tityus serrulatus* venom: Potential application for auxiliary treatment of scorpion stings. **Toxicon**, [s.l.], v. 179, p. 42-52, 2020.

## Sobre os Autores

### **Rafael Benjamin Evaristo**

*E-mail:* rafael.werneburg@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9742-3522>

Mestre em química pela Universidade de Brasília.

Endereço profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química, Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise em Energias Renováveis (LaBCCERva), Brasília, DF. CEP: 70910-900.

### **Grace Ferreira Ghesti**

*E-mail:* ghesti.grace@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1043-5748>

Doutora em química pela Universidade de Brasília.

Endereço profissional: Universidade de Brasília, Instituto de Química, Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise em Energias Renováveis (LaBCCERva), Brasília, DF. CEP: 70910-900.

### **Camila Alves Areda**

*E-mail:* caareda@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3613-1585>

Doutora pela Universidade de São Paulo.

Endereço profissional: Faculdade da Ceilândia, Universidade de Brasília, Brasília, DF. CEP: 72220-275.

# Mapeamento dos Potenciais Alimentícios da *Spondias tuberosa* Arruda Câmara na Literatura Científica e Patentária

## Mapping of the Food Potentials of *Spondias Tuberosa* Arruda Câmara in Scientific and Patent Literature

Wagna Piler Carvalho dos Santos<sup>1</sup>

Núbia Moura Ribeiro<sup>1</sup>

Iana Alves Peixoto Corrêa<sup>1</sup>

Rita Maria Weste Nano<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

### Resumo

A *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, endêmica do Brasil, especialmente no semiárido nordestino, representa importante base econômica no âmbito da agricultura familiar. O fruto *in natura* e seu processamento pela agroindústria tem se destacado pela atividade de cooperativas e associações de pequenos produtores rurais. O objetivo do trabalho foi mapear os potenciais científicos, tecnológicos e mercadológico do umbu. Foram utilizadas as bases Scopus (2000 a 2024), Orbit Intelligence (2003 a 2023) e IBGE (2018 a 2022). Como resultados, 100 artigos e 19 famílias de patentes foram recuperadas. Houve crescimento no número de artigos com foco nos compostos bioativos do umbu. A maioria das pesquisas e seu desenvolvimento são capitaneados por instituições públicas brasileiras: 97% dos artigos e 89,5% das patentes. Houve aumento de 70% na produção e na comercialização do fruto a partir de 2018. Sugere-se que o desenvolvimento tecnológico relacionado à cadeia produtiva do umbu tem potencial para aumentar a maturidade tecnológica.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa*; Umbu; Alimentos; Desenvolvimento tecnológico; Mercado.

### Abstract

*Spondias tuberosa* Arruda, endemic to Brazil, especially in the semi-arid northeast, represents an important economic base within family farming. The fresh fruit and its processing by the agroindustry have been highlighted by the activity of cooperatives and associations of small rural producers. The objective of the work was to map the scientific, technological and marketing potential of umbu. The Scopus (2000 to 2024), Orbit Intelligence (2003 to 2023) and Brazilian Institute of Geography and Statistics (2018 to 2022) databases were used. As a result, 100 articles and 19 patent families were recovered. There was an increase in the number of articles, focusing on bioactive compounds from umbu. Most of the research and development is led by Brazilian public institutions: 97% of articles and 89.5% of patents. There was an increase (70%) in the production and commercialization of the fruit since 2018. It is suggested that technological development related to the umbu production chain has the potential to increase technological maturity.

Keywords: *Spondias tuberosa*; Umbu; Foods; Technological development; Marketplace.

Áreas Tecnológicas: Ciência e Tecnologia de Alimentos. Química, Química de Alimentos.



# 1 Introdução

O umbuzeiro, ou popularmente “imbuzeiro”, possui origem nativa e é uma espécie endêmica do Brasil, com ocorrências nas Regiões Nordeste e Sudeste. Na Região Nordeste, distribui-se pelos Estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Na Região Sudeste, concentra-se nos Estados de Espírito Santo e Minas Gerais. Isso porque os domínios fitogeográficos da planta são os biomas Caatinga e Cerrado (Reflora, 2023).

O umbuzeiro tem como nome científico *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, pertence à família *Anacardiaceae*, é uma planta xerófita adaptada a períodos de seca (Dutra, 2017; Lima, 2017) e espécie-chave cultural do semiárido brasileiro (Ferreira *et al.*, 2019). Símbolo de resistência cultural pelos povos e comunidades tradicionais do semiárido, a prática de coleta dos frutos foi passada de geração em geração (Barreto, 2010). Apresenta apenas um período de floração e frutificação por ano, que coincide com o de escassez de chuvas (Lima, 2011). O extrativismo do fruto exótico de sabor agridoce é prevalente e constitui renda familiar para agricultores da região (Japiassú, 2017).

O umbu, como alimento funcional ou como ingrediente funcional (Xavier *et al.*, 2022), tem sido utilizado no enfrentamento à desnutrição infantil (Mendes *et al.*, 2024), também é fonte de fitoquímicos com ação antioxidante que previne risco de doenças crônicas não transmissíveis como as cardiovasculares, as neurodegenerativas (Cangussu *et al.*, 2021) e as atividades biológicas relacionadas à quimioproteção contra eventos de carcinogênese (Zeraik *et al.*, 2016). Fitoesteróis foram determinados em óleo de sementes de umbu (Santos *et al.*, 2019).

O valor socioeconômico da cadeia produtiva do umbu é destacado na Região Nordeste, com 90% da produção nacional (IBGE, 2023). O processamento dos frutos e sua transformação em produtos derivados de maior durabilidade constituem alternativa de desenvolvimento territorial (Lima; Castricini, 2019), especialmente no Sertão do Rio São Francisco, na Bahia (Lucena *et al.*, 2024). Entretanto, a população residente nas áreas endêmicas está em desvantagem econômica e necessitando de esforços de conservação ambiental e cultural (Rodrigues *et al.*, 2024). Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo prospectivo em documentos científicos, técnicos e tecnológicos, visando mapear o potencial nutricional, tecnológico e mercadológico do umbu, destacando as principais contribuições divulgadas em artigos científicos e em patentes.

## 2 Metodologia

As pesquisas foram realizadas em março de 2024 e as palavras-chave selecionadas para as buscas foram as sinônimas mais comuns e o nome científico da planta. Os nomes vernáculos do umbuzeiro e seu vínculo com a região do Brasil são: imbuzeiro, taperebá, umbu (Região Nordeste); caja-do-sertão (Bahia, Região Nordeste); umbuzeiro (Maranhão, Região Nordeste); imbu-verdadeiro (Minas Gerais); imburana-de-cambão (Pernambuco, Região Nordeste); imbuzeiro ((Pernambuco, Região Nordeste) (Reflora, 2023). Foi usada a base de dados Scopus (Elsevier), disponível no Portal de Periódicos da Capes, para artigos, e a base do Orbit Intelligence (Questel Co.) para patentes.

Na base de dados Scopus, foram pesquisados descritores nos campos de título, resumo e palavras-chave, em 5 de março de 2024, sem delimitação temporal nem outros filtros. A busca

usando o nome científico como descritor (*Spondias tuberosa*) e operador de proximidade (spondias W/0 tuberosa) resultou em 195 documentos. Foram acrescentados outros descritores, nomes vulgares da planta: (umbu OR imbu OR jiqui OR (spondias W/0 tuberosa)), com o operador booleano OR, e foram encontrados 371 documentos. A busca realizada acrescentando outras sinônimas da planta: (umbu OR imbu OR jiqui OR imbuzeiro OR taperebá OR caja-do-sertão OR umbuzeiro OR imbu-verdadeiro OR imburana-de-cambão OR (spondias W/0 tuberosa)), resultou em 413 documentos. Com a leitura desses títulos, verificou-se que a totalidade não tinha relação com a área de alimentos. Dessa forma, foi realizada nova busca com a estratégia: TITLE-ABS-KEY ((food OR nutri\*) AND (umbu OR imbu OR jiqui OR imbuzeiro OR taperebá OR caja-do-sertão OR umbuzeiro OR imbu-verdadeiro OR imburana-de-cambão OR (spondias W/0 tuberosa))). Nessa busca, foram recuperados 113 documentos. Os artigos mais citados foram: Rufino *et al.* (2010), 907 citações; De Souza Schmidt-Gonçalves, Lajolo e Genovese (2010), 155; Da Silva *et al.* (2008), 126; Bataglion *et al.* (2015), 121; Bicas *et al.* (2011), 107; e Correia *et al.* (2012), 88 citações.

Verificou-se que, entre as 113 publicações, algumas focavam no umbu-caja (*Spondias citherea* ou *cytherea*)<sup>1</sup>. Entretanto, como ressaltado por Bicas *et al.* (2011), o cajá-umbu é outra espécie. Assim, foi revista a estratégia de busca, dividindo-a em quatro grupos de descritores: (TITLE-ABS-KEY ( (umbu OR imbu OR jiqui OR imbuzeiro OR taperebá OR caja-do-sertão OR umbuzeiro OR imbu-verdadeiro OR imburana-de-cambão) AND NOT (umbu-cajá OR cajá-umbu) ) OR TITLE-ABS-KEY (umbu AND NOT (mombin OR citherea OR cytherea) ) OR TITLE-ABS-KEY ( (spondias W/0 tuberosa) ) AND TITLE-ABS-KEY (food OR nutri\*)). Foram recuperados 100 documentos, cuja análise está apresentada na seção de Resultados e Discussão.

A pesquisa na base de dados de patentes foi realizada em 21 de março de 2024. Foram utilizadas palavras-chave conectadas por operadores booleanos e de proximidade, nos campos título, resumo, objeto da invenção, vantagens da invenção e reivindicações independentes. A sintaxe empregada foi: ((umbu OR imbu OR jiqui OR imbuzeiro OR tapereba OR umbuzeiro OR (“caja-do-sertao” OR “imbu-verdadeiro” OR “imburana-de-cambao”)) AND (food OR nutri+))/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM OR ((spondias 1W tuberosa) NOT (“umbu-caja” OR “caja-umbu”))/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM OR (umbu NOT (mombin OR citherea OR cytherea))/TI/AB/OBJ/ADB/ICLM). A pesquisa considerou o período de 1º de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2023. Como resultado da busca, foram encontradas 34 famílias de patentes, cuja análise está apresentada na seção Resultados e Discussão.

Quanto à análise de mercado, foram utilizados os dados da produção anual de umbu e seu faturamento entre os anos de 2018 e 2022, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) na série histórica da Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS). Os dados foram consultados no dia 10 de março de 2024 (IBGE, 2023).

Na página eletrônica do PEVS do IBGE, encontra-se disponível a Tabela 289 com dados referentes à quantidade produzida e o valor da produção na extração vegetal, por tipo de produto extrativo, nos períodos de 1986 a 2022. Nesta pesquisa, na seção *Variáveis*, foram selecionadas as opções “Quantidade produzida na extração vegetal” e “Valor da produção na extração

<sup>1</sup> Segundo Bicas *et al.* (2011, p. 1.853-1.854), “Embora sua origem seja desconhecida, o cajá-umbu [ou umbu-cajá] é considerado um alimento natural híbrido entre cajá (*S. mombin* L.) e umbu (*S. tuberosa* Arruda Câmara) frutas. É uma fruta pequena, redonda, amarela, com aroma refrescante e sabor azedo. Possui alguns caracteres xerofíticos e está amplamente difundido em alguns estados do Nordeste brasileiro. Embora a produção seja em pequena escala, seu cultivo é difundido e apresenta grande potencial econômico, principalmente no mercado de frutas exóticas para produção de sucos, sorvetes e polpas congeladas. Além disso, o uso de *S. cytherea*, espécie característica do fruto cajá-umbu, é um nome impróprio, pois representa a fruta ambarella”.

vegetal”. Na seção *Tipo de produto extrativo*, foi selecionado apenas o umbu. Na seção *Ano*, foram selecionados os anos que englobam o período de 2018 a 2022, um intervalo de cinco anos, e o ano de 2022 foi a última publicação disponibilizada. Na seção *Níveis Territoriais*, foi selecionado apenas o Brasil.

### 3 Resultados e Discussão

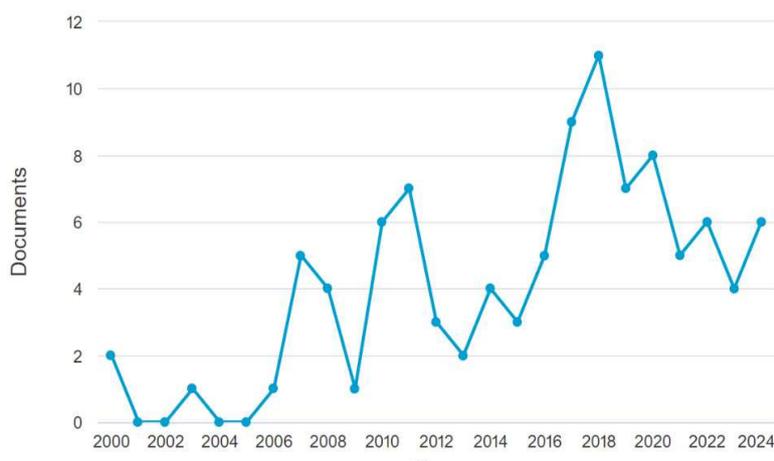
A seguir, serão apresentados os resultados organizados por base de dados pesquisada, abordando a produção científica, a produção tecnológica em base de patentes e a análise do mercado.

#### 3.1 Análise da Produção Científica sobre Umbu em Artigos

Da pesquisa na base de dados Scopus, verificou-se que 91 publicações são artigos inéditos; quatro capítulos de livros; três revisões; um trabalho apresentado em congresso e um editorial. Isso indica os artigos inéditos em periódicos científicos como o canal preferencial de divulgação de conhecimentos sobre o umbu. Dos principais periódicos, são o *Food Chemistry* (5 artigos); o *Semina Ciências Agrárias* (4 artigos); a *Revista Brasileira de Fruticultura* (4 artigos) e outros periódicos que publicaram três artigos cada: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *Food Research International*, *Ciência Rural*, *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* e *Acta Horticulturae*. Entre esses periódicos, dois são brasileiros.

O Gráfico 1 mostra a evolução do número de documentos publicados por ano. O perfil do gráfico indica uma tendência ao crescimento, atestando o interesse no tema, embora, apresentando oscilações.

**Gráfico 1** – Número de documentos recuperados na base Scopus, por ano de publicação



Fonte: Elaborado pelas autoras com base em dados da plataforma Scopus (2024)

Foi obtida a distribuição por país de origem: 97 publicações são de instituições brasileiras; três artigos dos Estados Unidos e Alemanha; dois da Itália; dois da Colômbia, e os países Suíça, Espanha, Indonésia, Canadá e Argentina relacionam-se, cada um, a um artigo. A liderança do Brasil é justificada pelo fato do umbuzeiro ser originário dos chapadões semiáridos do Nordeste

do Brasil, considerada uma árvore sagrada do sertão (Donato *et al.*, 2019; Mertens *et al.*, 2017). Embora as instituições brasileiras participem de 97% das publicações, 79% foram redigidas em língua inglesa, indicando a intencionalidade de alcançar um maior número de leitores.

As instituições que mais publicaram foram: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa, 32 publicações); Universidade Federal Rural de Pernambuco (14); Universidade Estadual do Centro Oeste (9); Universidade Federal da Paraíba (9); Universidade Federal de Campina Grande (9); Universidade Estadual de Campinas (7) e Universidade Federal de Lavras (7). Por se tratar de uma pesquisa em base de dados de documentos acadêmicos, destacam-se as universidades, tendo, porém, o protagonismo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), empresa pública que é referência em pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área. Entre as universidades com maior número de publicações, três são do Nordeste, e as outras três universidades são do Sudeste (2) e do Centro Oeste (1). A participação de universidades de diversas regiões do país sinaliza que o tema desperta interesse em nível nacional e a destacada contribuição da Embrapa está coerente com a vocação da empresa (Quintella; Santos; Pires, 2024).

Os autores com maior número de publicações foram: Mikael Neumann, da Universidade Estadual do Centro Oeste (8); Anderson Junger Teodoro, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (6); Guilherme Fernando Mattos Leão, da Universidade Federal do Paraná (5); Narendra Narain, da Universidade Federal de Sergipe (4); e Egon Henrique Horst, da Universidade Estadual de Londrina (4). Todos são pesquisadores acadêmicos, indicando o baixo grau de interação com o setor produtivo e a necessidade de levar essa temática de estudo ao âmbito empresarial.

As principais áreas em que as publicações se concentram são: Ciências Agrárias e Biológicas (81); Química (14); Veterinária (9) e Bioquímica, Genética e Biologia Molecular (9). A base de dados Scopus não elenca a área de Nutrição ou Alimentos. As temáticas relacionadas às ciências agrárias e química de alimentos são as mais discutidas. Os dados de citações (Quadro 1) mostram que os estudos de maior interesse estão voltados para a análise de bioativos com atividade antioxidante.

**Quadro 1** – Artigos mais citados entre os 100 selecionados para este estudo

AUTORES	FONTE	ANO	NÚMERO DE CITAÇÕES
Rufino, M. S. M., Alves, R. E., de Brito, E. S., Saura-Calixto, F., Mancini-Filho, J.	Food Chemistry, 121(4), p. 996–1002	2010	907
De Souza-Schmidt-Gonçalves, A. E., Lajolo, F. M., Genovese, M. I.	Journal of Agricultural and Food Chemistry, 58(8), p. 4666–4674	2010	155
Da Silva, E. C., Nogueira, R. J. M. C., de Araújo, F. P., de Melo, N. F., de Azevedo Neto, A. D.	Environmental and Experimental Botany, 63(1-3), p. 147–157	2008	126
Bicas, J. L., Molina, G., Dionísio, A. P., Maróstica, M. R., Pastore, G. M.	Food Research International, 44(7), p. 1843–1855	2011	107
de Freitas Lins Neto, E. M., Peroni, N., De Albuquerque, U. P.	Economic Botany, 64(1), p. 11–21	2010	68
Meinhart, A. D., Damin, F. M., Caldeirão, L., Wagner, R., Godoy, H. T.	Food Chemistry, 286, p. 51–63	2019	63
Zielinski, A. A. F., Ávila, S., Ito, V., Wosiacki, G., Haminiuk, C. W. I.	Journal of Food Science, 79(4)	2014	55

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em dados da plataforma Scopus (2024)

O estudo de Rufino *et al.* (2010) concluiu que o umbu, embora apresente polifenóis, para comparação, na fruta fresca, contém apenas 8,5% da quantidade de polifenóis extraídos da acerola (*Malpighia emarginata*). Por outro lado, De Souza Schmidt Gonçalves, Lajolo e Genovese (2010) verificaram que a polpa de umbu apresentou teores de flavonoides menores que os das polpas de araçá, cambuci, coquinho azedo, panã e cagaita. Adicionalmente, Zielinski *et al.* (2014) agruparam a polpa do umbu entre aquelas que apresentaram os menores teores dos bioativos determinados e baixa atividade antioxidante quando comparado às demais amostras de frutas analisadas.

Meinhart *et al.* (2019) apresentaram dados sobre o teor de ácidos clorogênicos e ácido cafeico em 64 frutas consumidas no Brasil. O termo “ácidos clorogênicos” é uma denominação dada aos ácidos fenólicos e flavonoides que ainda não receberam outra classificação. No estudo, foram analisadas a polpa e a casca dos frutos do umbu e não foi detectado ácido cafeico e foram detectados ácido 4-cafeoilquínico e ácido 3,4-dicafeoilquínico. Bicas *et al.* (2011) publicaram revisão sobre as características gerais, os usos e a composição volátil de frutas exóticas brasileiras. Quanto ao umbu, os principais componentes voláteis usados em alimentos são: limoneno; 1-heptanol; 2-pentanol; 3-hexanol;  $\beta$ -cariofileno; 2-metilbutanal; butirato de etila.

De Freitas-Lins-Neto, Peroni e de Albuquerque (2010) discutem o conhecimento tradicional e manejo do umbu a partir de levantamento etnobotânico em comunidade rural de Pernambuco. Sinalizam que o umbu é alternativa econômica e recurso de subsistência para comunidades rurais no semiárido do nordeste brasileiro. A principal forma de manejo local é a coleta dos frutos, definida pelo sabor, tamanho e pela quantidade da polpa do fruto. Os autores evidenciam a importância do umbu como alimento para comunidades rurais de regiões com alta vulnerabilidade social.

Da Silva *et al.* (2008) avaliaram o estresse salino sobre o umbu, porém, como os aspectos relacionados ao cultivo da planta não são o foco desta pesquisa, o artigo não foi analisado. Os artigos analisados indicam o potencial de aplicação do umbu em produtos alimentícios. Souza *et al.* (2018), em estudos de formulações de geleia de umbu e mangaba, comprovaram que os produtos alimentícios são estáveis, com características similares às de geleias já comercializadas e fonte de compostos bioativos. A produção de polpas da fruta pura ou associada com outras é um campo explorado, como mostra Mascarenhas *et al.* (2017).

O mercado da cerveja artesanal tem se revelado promissor para a cadeia produtiva do umbu, devido a novidades nos campos de aroma, gosto e textura, e tem resultado em parcerias comerciais, por exemplo, a parceria entre a cooperativa de agropecuária familiar baiana e uma cervejaria mineira (CooperCuc, 2015). O processo de fabricação da cerveja de umbu tem potencial promissor de adesão do pequeno agricultor e incorporação no mercado brasileiro (Silva, 2017). Outras alternativas de uso do umbu (por exemplo, barra de cereal, licor, vinagre e vinho e farinha) são estudadas para a obtenção de produtos derivados, inclusive com o uso da casca e semente, com potencial de comercialização (Castro, 2015; Xavier *et al.*, 2022; Rodrigues *et al.*, 2024).

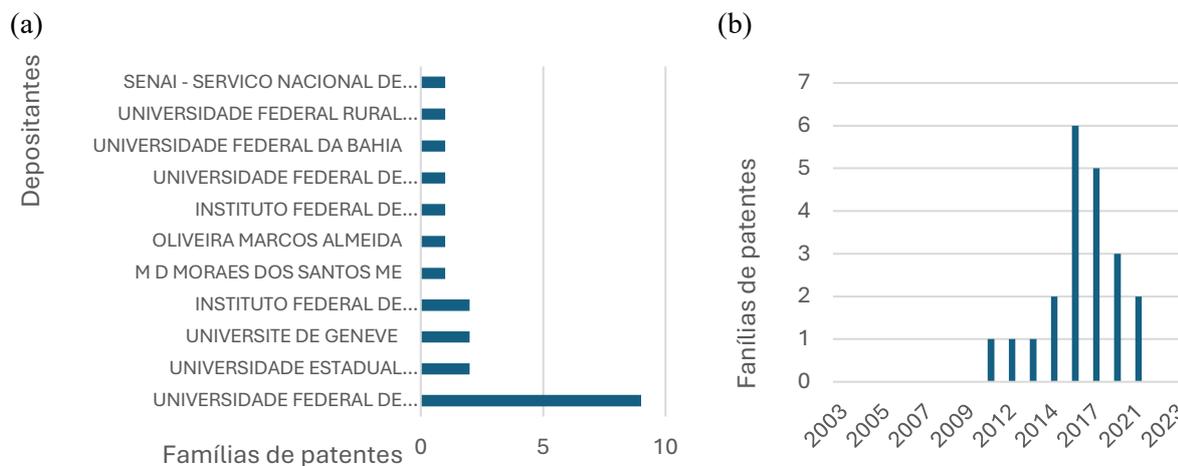
### 3.2 Análise da Produção Tecnológica sobre Umbu em Patentes

Entre as 34 famílias de patentes recuperadas conforme mostra a metodologia descrita, verificou-se que cinco não tinham relação com o objeto da pesquisa e, por isso, foram excluídos da análise. Assim, o total de famílias de patentes analisadas foi 29. Em relação ao enfoque desses documentos, foram gerados agrupamentos pela frequência dos termos, o que permitiu identificar os principais conceitos. Dois grupos destacaram-se: i) frutos do gênero *Spondia* e substâncias isoladas; e ii) hidrólise enzimática. No grupo “frutos do gênero *Spondia*”, foram mais relevantes os termos: umbu, polpa de umbu, extrato seco, substância ativa, alimento funcional, nutracêutico. Tais dados podem motivar novos desenvolvimentos ou identificação de tecnologias num novo campo.

Apesar da sintaxe de busca prever a exclusão de termos relacionados a outras espécies vegetais, entre as 29 famílias de patentes resultantes, 10 (34,5%) referiram-se a tecnologias relacionadas ao processamento, ao produto e ao processo de produção de outros frutos predominantemente do bioma Caatinga, em especial o umbu-cajá (*S. cytherea* ou *Spondias bahiensis*). Foram selecionados apenas os pedidos de patentes de tecnologias que envolviam a espécie *Spondias tuberosa*. Foram excluídas as 10 tecnologias relativas ao umbu-cajá e analisadas as 19 famílias de patentes no foco do estudo.

O tamanho médio da família igual a 1,0 indica que a proteção das tecnologias se encontra restrita ao território do primeiro depósito. De fato, apenas duas famílias de patentes estão protegidas fora do território brasileiro, conforme ilustra o Quadro 2. Essas duas tecnologias referem-se ao processo de extração e de isolamento, bem como ao uso de bioativos da polpa do umbu. Ambos os pedidos têm como depositante a Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita (Unesp) em coautoria com a Universidade de Genebra, que tiveram depósitos por meio do Acordo de Cooperação em termos de Patentes (PCT) (WO201658070; WO201658071). Apesar da Universidade Federal de Campina Grande deter quase a metade do total de pedidos de patentes, não há registro de pedido internacional ou mesmo informação de parceria dessa IES com instituições estrangeiras.

A subclasse A23L foi a mais frequente nessas 19 famílias de patentes recuperadas na busca. Ferreira *et al.* (2019) encontraram 11 registros de tecnologias envolvendo o umbuzeiro, das quais 23,80% da subclasse A23L. No entanto, os autores não delimitaram o foco de busca nos potenciais alimentícios do umbu. O código A23L refere-se a “Alimentos, produtos alimentícios ou bebidas não alcoólicas [...] seu preparo ou tratamento [...], conservação de alimentos ou produtos alimentícios, em geral [...]” (WIPO, 2006). Confirma-se que a sintaxe de busca, incluindo os termos “nutrição” e “alimento”, localizou tecnologias no foco do objeto desta pesquisa. Nas 19 famílias de patentes analisadas, estão envolvidos 63 inventores, 24 deles (38%) participaram de duas invenções, ou seja, não se verifica protagonismo de um inventor específico. O Gráfico 2 apresenta o número de famílias de patentes por depositantes e a evolução anual das famílias.

**Gráfico 2** – Número de famílias de patentes por depositantes (a) e evolução do número de famílias de patentes, no período de 2003 a 2023 (b), de tecnologias que envolvam o umbu

Fonte: Elaborado pelas autoras com base em dados do Orbit Intelligence (2024)

O Gráfico 2(a) apresenta a carteira de requerentes e dos seus principais correquerentes, o que pode ser um indicador da propensão de interessados no tema analisado para colaborar e identificar os seus parceiros preferidos. Das 19 famílias de patentes, 17 (89,5%) são de Instituições de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICT) públicas, especificamente, Instituições de Ensino Superior (IES): quatro Universidades Federais, dois Institutos Federais do Nordeste (Bahia, Paraíba, Pernambuco e Sergipe) e uma universidade estadual do Sudeste. Esta última possui dois pedidos de patentes em cotitularidade com uma universidade estrangeira. A Universidade Federal de Campina Grande destaca-se entre os depositantes, com 47% do total de pedidos de patentes. O protagonismo das IES no desenvolvimento dessas tecnologias sinaliza a necessidade de inserir essa temática no contexto empresarial, valorizando o potencial econômico dos produtos do umbu.

O Gráfico 2(b) mostra a evolução anual do número de famílias de patentes com base na prioridade unionista. Uma tendência de crescimento no número de depósitos de pedidos de patente foi verificada no período de 2010 a 2016. No entanto, no ano de 2020, houve um decréscimo acentuado, quando comparado ao ano de 2016, ou seja, o número de pedidos em 2020 foi 50% menor. Isso pode sugerir uma descontinuidade nos projetos de pesquisa e de desenvolvimento tecnológico no tema. O número relativamente baixo de resultados relevantes e o comportamento disperso da produção tecnológica podem indicar falta de amadurecimento da área e oportunidade de desenvolvimento de invenções.

Dos documentos recuperados e analisados referentes aos pedidos de patentes das tecnologias que envolvem o umbu, 14 pedidos (74%) exploram as qualidades sensoriais e gastronômicas do fruto. São processos de obtenção e de preparação de produto alimentício à base de umbu (por exemplo, doces e balas, geleias, pão adicionado de farinha de casca, suco, cerveja, fermentado alcoólico, umbuzada, pó de umbu, mistura pronta para umbuzada e polpa). A tecnologia “Despolpador de frutas para ciriguela, umbu, umbu cajá, limão e frutas com caroços maiores com casca (BR202012006193)” é a única que se refere ao desenvolvimento de equipamentos para a cadeia produtiva de polpas.

Como demonstrado, a literatura científica tem destacado o fruto do umbuzeiro e as partes do fruto como potencial fonte de compostos com atividades biológicas (por exemplo, vitamina C, compostos fenólicos e carotenoides) que conferem a esse fruto uma capacidade antioxidante (Assis *et al.*, 2020). O ácido gálico e o 4-metil-5-hidroximetil 3-O-β-D'Glucopiranosídeo ácido benzoico presentes na polpa de umbu, devido à sua alta atividade antioxidante e aos inibidores da enzima acetilcolinesterase, podem possuir ação terapêutica para a doença de Alzheimer (Zeraik *et al.*, 2016). A rutina, encontrada na casca do umbu, possui propriedades anti-inflamatória, anticancerígenas antioxidante, cardiovascular, antiobesidade e antidiabética (Ribeiro *et al.*, 2022). Sitosterol e estigmasterol, importantes fitoesteróis presentes em óleos comestíveis também foram encontrados em óleo de sementes de umbu (Santos *et al.*, 2019).

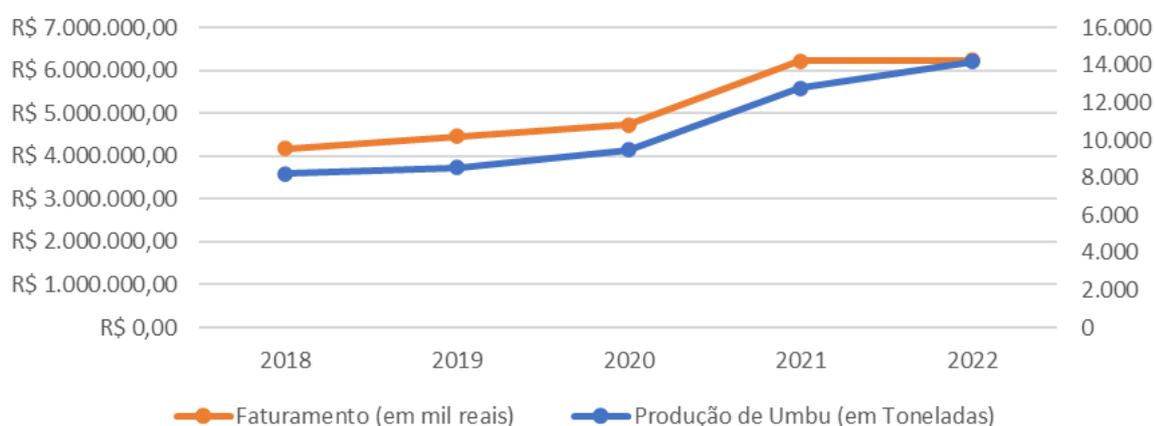
No entanto, apenas dois pedidos (10%) de patentes referem-se ao processo de extração e de isolamento de substâncias ativas presentes na polpa do umbu e ao desenvolvimento de alimentos nutracêuticos e/ou funcionais compreendendo as referidas substâncias ativas e seu uso (BR102014025601, 2014), bem como sua aplicação no segmento de cosméticos (BR102014025587, 2014). Uma das tecnologias, “suplemento alimentar à base de frutos da caatinga (BR102017010267)”, aponta que a capacidade antioxidante do fruto fresco é mantida mesmo após o processamento. Por outro lado, a tecnologia “Processo de obtenção de polpas probióticas, em pó, de frutas *spondias* por secagem em leito de jorro (BR102021006902)” destaca vantagens do processo de clarificação de sucos, com enfoque para a facilidade de incorporação pelo setor produtivo, incluindo cooperativas e pequenas empresas.

As tecnologias brasileiras que envolvem modificações nutricionais e produtos dietéticos abrangem principalmente ingredientes e alimentos funcionais derivados de vegetais e frutas regionais, como também a utilização alternativa de matérias-primas regionais com alto valor nutricional e baixo custo, bem como aplicações de coprodutos e resíduos da indústria alimentar e seus processos (Quintella *et al.*, 2024). Segundo a escala de estágios de maturidade tecnológica (TRL, do inglês “*Technology readiness level*”) (Straub, 2015), os resultados indicam que o desenvolvimento tecnológico referente à cadeia produtiva do umbu encontra-se mais concentrado nos primeiros estágios de maturidade tecnológica, *i.e.* artigos acadêmicos (TRL3), com alguma iniciativa, ainda pouco explorada de avanço para os TRLs 4 e 5, com a proteção intelectual por meio das patentes.

### 3.3 O Umbu no Mercado Brasileiro

Foram analisados dados da produção anual de umbu e seu faturamento entre os anos de 2018 e 2022, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023) na série histórica da Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS). O Gráfico 3 apresenta dados disponibilizados pelo IBGE, por meio das publicações da PEVS<sup>12</sup> sobre o extrativismo do umbu quanto à sua produção e seu respectivo faturamento ao longo dos últimos anos.

<sup>12</sup> A Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) apresenta informações sobre a quantidade e o valor da produção decorrente dos processos de exploração dos recursos vegetais nativos e dos maciços florestais plantados, tendo como unidade de coleta o município. A periodicidade da pesquisa é anual. Sua abrangência geográfica é nacional, com resultados divulgados para Brasil, Grandes Regiões, Unidades da Federação, Mesorregiões, Microrregiões e Municípios (IBGE, 2023).

**Gráfico 3** – Série histórica da produção e do faturamento da cadeia produtiva do umbu, 2018 a 2022

Fonte: Adaptado de IBGE (2023)

Verificou-se um crescimento consistente tanto na produção quanto no faturamento da cadeia produtiva do umbu de 2018 a 2022 (Gráfico 3). A produção de umbu aumentou em mais de 70%, passando de 8.203 toneladas para 14.200 toneladas em 2022. Esse crescimento expressivo reflete o potencial da fruta no cenário agrícola brasileiro, sugerindo um aumento na demanda e na aceitação do umbu e de produtos derivados, como doces, geleias, umbuzada, sucos, sorvetes, cervejas e até mesmo vinagre de umbu (Maynard, 2019; Pimentel; Pereira; Oliveira, 2012). Ademais, pode relacionar-se com a instituição da lista de espécies da sociobiodiversidade, na qual o umbu está inserido, instituída pela Portaria Interministerial dos Ministérios do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Social, para fins de comercialização *in natura* ou de seus produtos derivados no âmbito das políticas de compras dos programas governamentais (Brasil, 2018).

Além do aumento da demanda no mercado interno, prospecta-se um aumento no mercado externo, uma vez que foi realizado o pleito da inclusão do umbu na nova legislação da União Europeia, implementada desde 2018, que define os chamados “alimentos tradicionais de países terceiros” (*Novel Food*, em inglês). O Regulamento CE n. 258/1997, do Parlamento e do Conselho Europeu, que trata da norma, define quais “alimentos e ingredientes alimentares que não tenham sido usados para consumo humano de forma significativa na União Europeia antes de maio de 1997” e, assim, possibilita novas oportunidades de comercialização a produtores e produtoras de umbu do semiárido nordestino (Mori; Sande, 2023).

Outro fator altamente favorável à comercialização do umbu é que se trata de um produto único no mundo, haja vista que o umbuzeiro só existe no semiárido brasileiro, e essa singularidade oferecida pela biodiversidade da Caatinga possibilita a agregação de valor ao produto e a abertura de novos mercados internacionais (Siqueira Filho, 2012). Além do processamento do umbu para produção de alimentos derivados que já são conhecidos no mercado brasileiro, alguns estudos ainda propõem o reaproveitamento de subprodutos que, por vezes, são desperdiçados na exploração do fruto, como no caso da casca e caroço. Aderne *et al.* (2021) avaliam o potencial nutricional e funcional de uma farinha produzida a partir da casca de umbu. Já Silva (2012) estuda a capacidade bioadsorvente do pó obtido do caroço do umbu.

Assim como a produção, o faturamento relacionado ao umbu apresentou crescimento no período 2018 a 2022. O faturamento aumentou em aproximadamente 49%, subindo de R\$ 4,183 milhões por ano para R\$ 6,233 milhões. Essa tendência do faturamento sugere que

o aumento na produção está sendo acompanhado por um aumento na demanda e no valor agregado dos produtos alimentícios à base de umbu. O crescimento do faturamento pode ser atribuído a uma combinação de fatores, incluindo aumento dos preços de venda, diversificação de produtos e expansão do mercado consumidor. Todavia, apesar do crescimento na produção de umbu na série histórica investigada (Gráfico 3), o incremento no faturamento entre 2021 e 2022 foi marginal em comparação com os anos anteriores, o que reforça a necessidade de analisar possíveis fatores que estão influenciando o mercado como oscilações nos preços de venda, técnicas e custos de produção ou até mesmo variações nas preferências dos consumidores.

O mercado de umbu tende à ascensão devido à demanda crescente por essa fruta e seus produtos derivados (Santos Junior; Waquil, 2012). O aumento tanto na produção quanto no faturamento indica uma resposta favorável dos consumidores e uma oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos à base de umbu. Cooperativas de Agricultura Familiar que produzem o fruto têm se destacado no desenvolvimento de produtos, por exemplo, Coopercuc e Cooproof, localizadas no norte e sudoeste da Bahia, respectivamente (Corrêa *et al.*, 2024).

Esses dados podem estimular investimentos na cadeia produtiva do umbu, incluindo melhorias na infraestrutura de cultivo, processamento e distribuição, visando aumentar a demanda e garantir a sustentabilidade desse mercado a longo prazo. Apesar do crescimento consistente dos últimos anos, existem desafios que podem impactar o futuro do mercado de umbu, como questões climáticas, necessidades de desenvolvimentos de novas técnicas agrícolas sustentáveis, flutuações nos preços e concorrência com outras frutas (Drumond; Aidar; Nascimento; Oliveira, 2016). Faz-se imprescindível que os produtores, as empresas e os interessados do setor continuem monitorando essas tendências e adaptando suas estratégias para continuar fomentando esse mercado.

## 4 Considerações Finais

Os dados resultantes desta pesquisa mostram que o interesse científico acerca do umbu, relacionando-o à nutrição e aos alimentos, apresenta uma tendência ao crescimento, embora com muitas oscilações no número de publicações por ano sobre a temática. O interesse pelas tecnologias que envolvem o umbu está focado majoritariamente no âmbito nacional. As instituições que originaram essas publicações são principalmente acadêmicas (universidades e institutos federais), embora a instituição participante do maior número de publicações seja a empresa pública Embrapa. Pelo perfil das instituições envolvidas nas publicações, infere-se que os estudos acerca do umbu relacionados à nutrição, não têm despertado interesse comercial. Esse desinteresse comercial pode estar associado ao fato de sua produção ser principalmente extrativista (Japiassú, 2017) e localizar-se no Nordeste, região brasileira com baixa dinâmica econômica (IBGE, 2023).

A pesquisa em bases de dados de patentes demonstrou que número de famílias de patentes encontradas que tratavam do umbu, relacionando-o à nutrição e aos alimentos, foi relativamente pequeno. Os depositantes, em sua maioria, são instituições de ensino e de pesquisa, destacando-se o fato de duas invenções terem pedidos via PCT, e uma universidade europeia participa como correquerente da propriedade industrial. Dessa forma, é possível concluir que

o desenvolvimento tecnológico voltado para o fruto do umbuzeiro concentra-se em estágios iniciais de maturidade tecnológica (TRL 3 a TRL 5).

Tanto nos documentos acadêmicos como nos pedidos de patentes, destaca-se o enfoque no potencial antioxidante e nutricional do umbu. Apesar de o umbu não estar entre os frutos com maiores teores de bioativos, a aplicação do fruto em produtos alimentícios é relevante, pois oferece uma alternativa saudável e acessível para populações que habitam regiões de baixa renda. Ademais, por questões sensoriais relacionadas ao sabor peculiar do umbu, alguns produtos, como geleias, polpas para sucos, entre outros, têm conquistado consumidores e já despertam o interesse para exportação. Do ponto de vista da inovação relacionada aos potenciais alimentícios da *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, observa-se a necessidade de que as descobertas científicas relacionadas ao potencial antioxidante do umbu e os produtos com pedidos de proteção por patentes cheguem de fato ao mercado, beneficiando não apenas os consumidores, mas também as populações das regiões produtoras do fruto. Produtos como “NegoBom de Umbu”, doce tradicionalmente preparado à base de banana, é uma inovação que já comercializada (Imbuira, 2024).

Os dados de Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS) disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram um crescimento tanto na produção quanto no faturamento da cadeia produtiva do umbu (2018 a 2022). Verificou-se, porém, que as empresas que produzem e comercializam derivados alimentícios do umbu são principalmente cooperativas de agricultura familiar na Bahia, o que é compreensível por se tratar de cultura extrativista e nativa do semiárido brasileiro. Tal cenário indica a necessidade de melhorias desde o cultivo do umbuzeiro, passando pelo processamento e distribuição dos derivados. Considerando o desenvolvimento do Brasil na agroindústria, diversas inovações são cabíveis numa possível transição da cultura extrativista para um manejo agrícola planejado da cultura do umbu.

No preparo e na comercialização de qualquer alimento, cabe destacar a importância de consultar e de aplicar a legislação nacional relativa a alimentos, por exemplo, o conjunto de normas apresentadas na Biblioteca de Alimentos da Anvisa (2024).

## 5 Perspectivas Futuras

Constatando-se a predominância de instituições de ensino e pesquisa em estudos e o desenvolvimento de tecnologias utilizando o umbu em produtos alimentícios, faz-se necessário envolver empresas nesses estudos e desenvolvimentos, de modo a ampliar a penetração dos produtos no mercado. Ademais, como o umbu é obtido a partir de uma produção extrativista, esse fato coloca um limite na capacidade produtiva do fruto, apontando a necessidade de aplicação de técnicas agrícolas de cultivo e do manejo. Como já existe certo número de invenções com pedido de proteção depositado, uma das lacunas observadas é a falta de análise da maturidade dessas tecnologias, a fim de identificar possíveis fontes de financiamento e de riscos associados para a colocação dos produtos no mercado. Do ponto de vista global, há grande oportunidade de abertura e de expansão de mercados para produtos alimentícios do umbu, dado o sabor singular dos frutos, seu potencial antioxidante e suas características relacionadas à agricultura familiar.

## Agradecimentos

As autoras agradecem ao Profnit e à Axonal Consultoria Tecnológica Ltda. por permitirem o acesso gratuito à plataforma Orbit Intelligence e à Pró-reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IFBA pelo apoio.

## Referências

- ADERNE, I. *et al.* Potencial nutricional e funcional da farinha da casca de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Cam.). **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 964-974, 23 maio 2021. (Grupo Verde de Agroecologia e Abelhas).
- ANTUNES, A. M. S. *et al.* Métodos de Prospecção Tecnológica, Inteligência Competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. In: RIBEIRO, Núbia Moura. (org.). **Prospecção Tecnológica**. 1. ed. Salvador, Brasil: Editora do Instituto Federal da Bahia (EDIFBA), 2018. v. 1. p. 19-108.
- ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Biblioteca de Alimentos**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/regulamentacao/legislacao/bibliotecas-tematicas/arquivos/biblioteca-de-alimentos>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- ASSIS, R. C. *et al.* Determination of water-soluble vitamins and carotenoids in Brazilian tropical fruits by high performance liquid chromatography. **Heliyon**, [s.l.], v. 6, n. 10, e05307, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05307>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- BARRETO, L. S. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do umbu**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.
- BATAGLION, G. A. *et al.* Determination of the phenolic composition from Brazilian tropical fruits by UHPLC-MS/MS. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 180, p. 280-287, 2015.
- BICAS, J. L. *et al.* Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. **Food Research International**, [s.l.], v. 44, n. 7, p. 1.843-1.855, 2011.
- BRASIL. Portaria interministerial n. 284, de 30 de maio de 2018. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 131, 10 de julho de 2018. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=515&pagina=92&data=10/07/2018>. Acesso em: 10 jul. 2024.
- CANGUSSU L. B. *et al.* Chemical Characterization and Bioaccessibility Assessment of Bioactive Compounds from Umbu (*Spondias tuberosa* A.) Fruit Peel and Pulp Flours. **Foods** [s.l.], v. 10, n. 11, p. 2597, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10112597>.
- CASTRO, C. D. P C. **Potencialidades do fruto do umbuzeiro para a agroindústria de alimentos**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2015.
- COOPERCUC. **COOPERCUC e Experiment Beer lançam cerveja Saison umbu**. 2015. Disponível em: <http://www.coopercuc.com.br/coopercuc-e-experimentobeer-lancam-cerveja-saison-umbu/>. Acesso em: 26 set. 2020.
- CORRÊA, I. A. P.; RIBEIRO, N. M.; SANTOS, W. P. C. dos. Registro de Marcas por Entidades de Agricultura Familiar dos Territórios de Identidade Médio Rio de Contas e Sertão do São Francisco. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 17, n. 2, p. 355-370, 2024. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v17i2.56086>.

CORREIA, R. T. *et al.* Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, [s.l.], v. 18, n. 6, p. 539-547, 2012.

COZZOLINO, S. Nutracêuticos: o que significa? **ABESO 55**, [s.l.], p. 1-8, fevereiro, 2012.  
Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Silvia\\_Cozzolino/publication/268385457\\_Nutraceuticos\\_o\\_que\\_Significa/links/56a771ce08ae860e02555f61.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvia_Cozzolino/publication/268385457_Nutraceuticos_o_que_Significa/links/56a771ce08ae860e02555f61.pdf). Acesso em: 2 set. 2020.

DA SILVA, E. C. *et al.* Physiological responses to salt stress in young umbu plants. **Environmental and Experimental Botany**, [s.l.], v. 63, n. 1-3, p. 147-157, 2008

DE FREITAS LINS NETO, E. M.; PERONI, N.; DE ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge and management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): An endemic species from the semi-arid region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, [s.l.], v. 64, n. 1, p. 11-21, 2010.

DE SOUZA SCHMIDT-GONÇALVES, A. E.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 58, n. 8, p. 4.666-4.674, 2010.

DONATO, S. L. R. *et al.* Práticas de cultivo do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 307, p. 65-79, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1119452/1/praticasdecultivodoumbuzeiro.pdf>. Acesso em: 6 set. 2020.

DRUMOND, M. A. *et al.* (ed.). **Umbuzeiro: Avanços e Perspectivas**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. 266p.

DUTRA, F. V. *et al.* Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam); **Revista: Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal**, [s.l.], v. 40, n. 4, p. 814-822, 2017.

FERREIRA, S. V.; CAMPOS, A. R. N.; MEDEIROS, M. F. T. Análise prospectiva da espécie-chave cultural umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) do semiárido brasileiro. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v12i5.33223>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS)**. Rio de Janeiro: IBGE. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=18032>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IMBUIRA. **Produtos**. 2024. Disponível em: <https://www.imbuira.com.br/produtos/>. Acesso em: 10 jul. 2024.

JAPIASSÚ, A. **Extrativismo do umbuzeiro na percepção dos agricultores da Comunidade Riacho da Serra, em São José do Sabugí**. 2017. 36p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

LIMA, J. M. P. F. **Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

LIMA, M. A. C.; CASTRICINI, A. Qualidade e pós-colheita do umbu. **Embrapa Semiárido – Informe Agropecuário**, [s.l.], v. 40, n. 307, p. 80-90, 2019.

LIMA, R. C. A. ***Spondias tuberosa* Arruda** (anacardiaceae): práticas agrônômicas e conservacionistas. 2017. 45p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Recife, PE, 2017.

LUCENA, C. A. *et al.* Análise do potencial de indicação geográfica (IG) para do CES e geleias de umbu do sertão do São Francisco. **Revista INGI**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 2.456-2 474, 2024.

MASCARENHAS, A. M. O. *et al.* Blend de polpas de umbu e jamelão na produção de estruturado. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, [s.l.], v. 7, n. 2, p. 446 – 450, 2017. ISSN: 2317-3114.

MAYNART, G. **Umbu**: fruta conquista novos mercados e espaços gourmet. 2019. Disponível em: <https://www.correio24horas.com.br/economia/umbu-fruta-conquista-novos-mercados-e-espacos-gourmet-0419>. Acesso em: 10 mar. 2024.

MEINHART, A. D. *et al.* Chlorogenic and caffeic acids in 64 fruits consumed in Brazil. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 286, p. 51-63, 2019.

MENDES, G. R. L. *et al.* A fermented milk drink with Umbu (*Spondias tuberosa*) pulp and whey is effective for weight gain and re-nutrition in malnourished: An in vivo study in mice and children. **Food Research International**, [s.l.], v. 181, p. 114083, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114083>.

MERTENS, J. *et al.* *Spondias tuberosa* Arruda (*Anacardiaceae*), a threatened tree of the Brazilian Caatinga? **Braz. J. Biol.**, [on-line], v. 77, n. 3, p. 542-552, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-69842017000300542&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842017000300542&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 6 set. 2020.

MORI, S.; SANDE, C. **Umbu no cardápio dos europeus**. 2023. Disponível em: <https://cnabrazil.org.br/publicacoes/artigo-umbu-no-cardapio-dos-europeus>. Acesso em: 10 mar. 2024.

ORBIT INTELLIGENCE. **Página de acesso**. 2020. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 4 set. 2020.

PIMENTEL, A. A.; PEREIRA, A. S.; OLIVEIRA, C. G. Beneficiamento do umbu como alternativa de renda para a comunidade de Mutans/BA. **Anais/Resumos da 64ª Reunião Anual da SBPC** (ISSN n. 2176-1221), 22 a 27 de julho de 2012, UFMA, São Luiz, MA. Disponível em: <https://www.sbpnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/9794.htm>. Acesso em: 15 mar. 2024.

QUINTELLA, C. M.; SANTOS, W. P. C.; PIRES, E. A. Ciência e tecnologia brasileira de frutas e legumes: um caminho para o ODS 2 – fome zero. **REVISTA INGI**, [s.l.], v. 5, n. 4, jul.-ago.-set., 2024. [no prelo].

QUINTELLA, C. M.; PIRES, E.; SANTOS, W. P. C. Brazil's food technology: Review A pre-pandemic assessment to achieve zero hunger SDG2 goal, benchmarking against USA. **World Patent Information** [s.l.], v. 75, n. 102240, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2023.102240>.

REFLORA – INSTITUTO DE PESQUISAS JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora e Funga do Brasil**: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2023. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 6 ago. 2024.

RIBEIRO, L. de O. *et al.* Umbu fruit peel as source of antioxidant, antimicrobial and  $\alpha$ -amylase inhibitor compounds. **Molecules**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 410, 2022.

RODRIGUES, N. L. *et al.* Nutritional and biological attributes of *Spondias tuberosa* (Umbu) fruit: an integrative review with a systematic approach. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 130, p. 106196, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106196>.

RUFINO, M. D. S. M. *et al.* Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 121, n. 4, p. 996-1.002, 2010.

SANTOS, P. A. *et al.* Chemical Study, Antioxidant and Cytotoxic Activities of Oil Seeds of *Spondias tuberosa* (Anacardiaceae). **International Journal of Fruit Science**, [s.l.], v. 19, n. 3, 246-257, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1502721>.

SANTOS JÚNIOR, S.; WAQUI, P. D. A Influência de Fatores Econômicos, Institucionais e Sociais na Inserção de Agroindústrias Rurais em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Economia Rural e Sociologia**, Piracicaba, SP, v. 50, n. 3, p. 1-22, 2012.

SCOPUS (Elsevier). **Acesso por meio do portal de periódicos da Capes**. 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: 4 set. 2020.

SILVA, J. C. **Produção de Cerveja de Umbu para o Estado do Rio Grande do Norte**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2017.

SILVA, L. M. **Estudo da potencialidade dos resíduos do umbu, manga e goiaba como bioadsorventes**. 2012. 63f. Dissertação (Doutorado) – Curso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2012.

SIQUEIRA FILHO, J. A. de (org.). **Flora das Caatingas do Rio São Francisco**: história natural e conservação. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson; Petrolina: Univasf, 2012. 552p.

SOUZA *et al.*, Compostos bioativos e estabilidade de geleia mista de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. C.) e mangaba (*Hancornia speciosa* g.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 236 -248, 2018.

STRAUB, J. Aerospace Science and Technology in search of technology readiness level (TRL) 10. **Aerospace Science and Technology**, [s.l.], v. 46, p. 312-320, 2015.

TEIXEIRA, L. P. **Prospecção tecnológica**: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013.

WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Publicação IPC**: Código subclasse AL23. 2006. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br/classifications/ipc/ipcpub/?notion=scheme&version=20230101&symbol=A23L0015000000>. Acesso em: 15 mar. 2024.

XAVIER, V. L. *et al.* Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 94, n. 1, p. e20200940-e20200940, 2022.

ZERAIK, M. L. Antioxidants, quinone reductase inducers and acetylcholinesterase inhibitors from *Spondias tuberosa* fruits. **Journal of Functional Foods**, [s.l.], v. 21, p. 396-405, 2016.

ZIELINSKI, A. A. F. *et al.* The Association between Chromaticity, Phenolics, Carotenoids, and In Vitro Antioxidant Activity of Frozen Fruit Pulp in Brazil: An Application of Chemometrics. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 79, n. 4, 2014.

## Sobre as Autoras

### **Wagna Piler Carvalho dos Santos**

*E-mail:* wagna.ifba@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-5179>

Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia em 2007.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, Câmpus Salvador, Departamento de Química, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

### **Núbia Moura Ribeiro**

*E-mail:* nubiamouraribeiro@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0468-9760>

Doutora em Química pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 2004.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, Câmpus Jequié, Rua Jean Torres de Oliveira, s/n, Bairro John Kennedy, Loteamento Cidade Nova, Jequié, BA. CEP: 45201-570.

### **Iana Alves Peixoto Corrêa**

*E-mail:* iana.peixoto02@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8784-6337>

Especialista em Fitoterapia Aplicada à Nutrição Clínica pela Faculdade Unyleya, em 2017.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, Câmpus Jequié, Rua Jean Torres de Oliveira, s/n, Bairro John Kennedy, Loteamento Cidade Nova, Jequié, BA. CEP: 45201-570.

### **Rita Maria Weste Nano**

*E-mail:* ritanano@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1666-4963>

Doutora em Química pela Universidade Estadual de Campinas em 2006.

Endereço profissional: Instituto Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil, Câmpus Salvador, Departamento de Química, Rua Emídio dos Santos, s/n, Barbalho, Salvador, BA. CEP: 40301-015.

# Painéis Solares Flutuantes com Sistemas de Rastreamento: uma análise sob a perspectiva dos Níveis de Prontidão Tecnológica

*Floating Solar Panels with Tracking Systems: an analysis from the perspective of Technology Readiness Levels*

Sara Brigida Farias Ferreira<sup>1</sup>

Cláudio Henrique Cerqueira Costa Basquerotto<sup>1</sup>

Marcio Victor Pereira Barros<sup>2</sup>

João Antonio Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, PA, Brasil

<sup>2</sup> Norte Energia S.A., Vitória do Xingu, PA, Brasil

<sup>3</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Ilha Solteira, SP, Brasil

## Resumo

Este estudo explora a inovação e a aplicabilidade dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento utilizando a metodologia dos Níveis de Prontidão Tecnológica (TRLs), baseada na norma ABNT NBR ISO 16290:2015, com o intuito de investigar o desenvolvimento tecnológico desses sistemas. Esse método permite uma avaliação padronizada e dinâmica do estágio de desenvolvimento das tecnologias estudadas. O objetivo geral deste trabalho é avaliar o estágio atual de desenvolvimento dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, utilizando a metodologia dos Níveis de Prontidão Tecnológica (TRLs) a partir de uma abordagem bibliométrica e uma prospecção de patentes. A análise da TRL ofereceu uma visão do avanço tecnológico em energia solar e destacaram o potencial e os desafios dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, enfatizando a necessidade de pesquisa, desenvolvimento e colaboração entre setores para impulsionar a inovação e aplicação desses sistemas.

Palavras-chave: Níveis de Prontidão Tecnológica; Painéis Solares Flutuantes com Sistema de Rastreamento; Energia Renovável.

## Abstract

This study explores the innovation and applicability of floating solar panels with tracking systems using the Technology Readiness Levels (TRLs) methodology, based on the ABNT NBR ISO 16290:2015 standard, to investigate the technological development of these systems. This method allows for a standardized and dynamic assessment of the development stage of the technologies under study. The overall objective of this work is to evaluate the current development stage of floating solar panels with tracking systems, using the Technology Readiness Levels (TRLs) methodology through a bibliometric approach and a patent survey. The TRL analysis provided insight into the technological advancement in solar energy and highlighted the potential and challenges of floating solar panels with tracking systems, emphasizing the need for research, development, and collaboration across sectors to drive innovation and application of these systems.

Keywords: Technology Readiness Levels; Floating Solar Panels with Tracking System; Renewable Energy.

Áreas Tecnológicas: Propriedade Intelectual. Sustentabilidade. Níveis de Prontidão Tecnológica.



# 1 Introdução

Os Níveis de Prontidão Tecnológica (TRLs) são uma metodologia para avaliar o estágio de desenvolvimento de uma tecnologia. O uso dessa abordagem oferece um quadro comum para o entendimento de seu progresso tecnológico. A implementação dos TRLs pode mitigar riscos financeiros e cronogramas, conforme evidenciado pelo US Government Accountability Office (GAO). Projetos que integraram tecnologias abaixo do TRL 6 enfrentaram aumento substancial nos custos e atrasos. Em contraste, aqueles que incorporaram tecnologias acima do TRL 6 não experimentaram alterações significativas no orçamento ou no cronograma. Estudos adicionais reforçam que resolver questões tecnológicas previamente pode diminuir significativamente prazos e despesas. Essa metodologia se expandiu além do campo aeroespacial, adaptando-se a diversas áreas e gerando múltiplos “RLs” (Rocha; Ribeiro; Salgado, 2019).

A normalização veio com a ISO 16290:2013, traduzida como NBR ISO 16290:2015, especificando nove níveis de maturidade tecnológica. Criada inicialmente com sete níveis na década de 1960-1970 por Stan Sadin da Nasa, de acordo com Paternostro, Quintella e Leite (2020), a metodologia expandiu para nove níveis em 1995 e foi estabelecida pela NBR ISO 16290:2015. A avaliação se desdobra em seis aspectos, inspirando-se nas práticas do DoD, ESA e Nasa, usando ferramentas como o TRL Calculator do AFRL (Rocha; Ribeiro; Salgado, 2019).

A avaliação TRL começa pela decisão de quando e com que frequência aplicá-la, a formação de uma equipe competente, a identificação das tecnologias a serem avaliadas, a coleta da documentação necessária e, finalmente, o próprio processo de avaliação. Esse processo se realiza em reuniões em que se responde a um questionário baseado na NBR ISO 16290:2015 e metodologias adicionais. A compreensão da metodologia TRL é unificada inicialmente, e a tolerância na avaliação é considerada para determinar se a tecnologia pode avançar para o próximo nível de prontidão (Ribeiro; Frey; Azevedo, 2022).

Este trabalho investiga o papel inovador dos flutuadores solares com sistemas de rastreamento na área de energia solar. Aqui discute-se como a fusão da prospecção tecnológica, da propriedade intelectual e da transferência de tecnologia impulsiona o avanço e a aplicabilidade desses sistemas, destacando sua contribuição para a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental. São examinadas estratégias para a inovação de painéis solares flutuantes, incluindo a prospecção e a transferência de tecnologia, essenciais para identificar oportunidades e viabilizar o desenvolvimento de novos produtos.

Souza *et al.* (2018) analisam a maturidade tecnológica dos coletores solares, mostrando a evolução das patentes e a necessidade de inovação contínua para atender à crescente demanda energética. Já neste estudo, aborda-se, adicionalmente, a relevância da maturidade tecnológica para avaliar a viabilidade e o valor comercial de tecnologias, com ênfase nos estágios de desenvolvimento dos painéis solares flutuantes com sistema de rastreamento. Na discussão sobre inovação em energia renovável, destaca-se sua eficiência aprimorada por aproveitar superfícies aquáticas para instalação. A análise contempla a aplicabilidade dessa tecnologia em diferentes contextos geográficos e climáticos, bem como seu potencial de contribuição para a redução da evaporação de água e a melhoria na qualidade da água. Além disso, a tecnologia possui vantagens a partir dos seus aspectos técnicos, pois ajusta a posição dos painéis em relação ao sol, aumentando significativamente a captação de luz solar e, por consequência, a geração de energia.

Sistemas utilizando resistores dependentes de luz (LDRs) para capturar irradiação solar e controladores como o microcontrolador ATmega 328P para ajustar a posição dos painéis foram destacados como eficazes, conforme apontam Idoko *et al.* (2020). Experimentos mostraram que sistemas de rastreamento solar automáticos podem ser mais rentáveis e confiáveis, podendo aumentar a produção de energia em comparação aos sistemas fixos. Há uma vasta gama de estudos e de projetos focados em melhorar a eficiência dos sistemas de rastreamento solar, incluindo sistemas de um e dois eixos, o uso de diferentes materiais e técnicas, como sensores de luz, lógica *fuzzy*, e programação de controladores para otimização do rastreamento solar (Huang; Pan; Lin, 2016).

Tchao *et al.* (2022) descreve o desenvolvimento de um algoritmo de rastreamento que utiliza servomotores multieixos para o ajuste constante da posição de painéis solares, resultando em um aumento de eficiência de 23,95% no conjunto de painéis A. A eficácia aprimorada desse sistema o torna uma opção atrativa para diversas aplicações de energia solar, contribuindo para uma maior adoção dessa fonte de energia limpa e sustentável. Kumar e Subramaniam (2018) desenvolveram e avaliaram um sistema de rastreamento solar de duplo eixo e um concentrador solar, ambos baseados em RTC. O método de rastreamento emprega a hora atual e os sensores fotodiodos para ajustar a posição do concentrador solar, especialmente ao amanhecer. O sistema mostrou eficácia no acompanhamento da trajetória solar ao longo de diversos dias, meses e estações.

Esse segmento destaca a significância e a evolução dos painéis solares flutuantes equipados com sistemas de rastreamento, explorando a sinergia entre inovação tecnológica, prospecção tecnológica, propriedade intelectual e transferência de tecnologia no contexto da energia solar. A investigação aborda como esses componentes são vitais para o avanço e a aplicação efetiva dessa tecnologia, enfatizando seu papel em aprimorar a eficiência energética e promover a sustentabilidade ambiental, de acordo com Chen *et al.* (2022).

A prospecção tecnológica e a transferência de tecnologia são detalhadas como fundamentais para a inovação em painéis solares flutuantes, permitindo a identificação de novas oportunidades e a partilha de conhecimentos e de propriedade intelectual para fomentar o desenvolvimento econômico. Esse processo é descrito como um ciclo de quatro etapas: identificação de necessidades; coleta e análise de informações; avaliação e seleção de tecnologias; e implementação e monitoramento, destacando sua aplicabilidade em diversos setores.

Os painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento foram instalados em diversas localidades ao redor do mundo. Vários projetos envolvendo painéis solares flutuantes equipados com sistemas de rastreamento foram implementados globalmente, especialmente em nações que possuem um alto potencial para energia solar e enfrentam limitações de espaço disponível para instalar painéis solares tradicionais, como ocorre na Coreia do Sul (Lopes *et al.*, 2022). A Norte Energia anunciou, em 2021, seu plano de instalar painéis solares no Rio Xingu, especificamente na área da Usina Hidrelétrica Belo Monte, com o objetivo de fornecer energia elétrica à região. De acordo com a empresa, esses painéis serão montados em estruturas flutuantes, contribuindo, assim, para a preservação ambiental local (Norte Energia, 2021).

Embora a revisão bibliográfica aborde predominantemente os avanços e as aplicações dos sistemas de rastreamento solar, algumas desvantagens e desafios associados a essas tecnologias

podem ser inferidos indiretamente. Primeiramente, os sistemas de rastreamento solar tendem a ter um custo inicial mais elevado em comparação com sistemas solares fixos, incluindo não apenas os componentes do próprio sistema de rastreamento, mas também sua instalação e integração. Adicionalmente, a presença de componentes móveis, como motores e atuadores, introduz uma complexidade operacional e de manutenção maior, o que pode levar a custos operacionais e de manutenção aumentados ao longo do tempo (Martins; Giesbrecht, 2023).

A durabilidade e a confiabilidade desses sistemas também podem ser afetadas pela exposição contínua a condições climáticas adversas e pelo desgaste dos componentes móveis, resultando em custos adicionais de reparo e de substituição e potencial redução da eficiência energética. É importante considerar que, embora os sistemas de rastreamento solar possam oferecer maior eficiência na captação de energia solar, o aumento da eficiência deve ser avaliado em relação ao custo adicional do sistema. Em algumas situações, o benefício em eficiência pode não justificar o investimento adicional.

Além disso, a eficácia dos sistemas de rastreamento solar pode variar consideravelmente de acordo com a localização geográfica, o clima e a topografia da área. Em locais com alta variabilidade climática ou com restrições de espaço, esses sistemas podem não ser a solução mais prática ou eficiente (Laseinde; Ramére, 2019). Questões como impacto visual e uso do solo também são considerações importantes, especialmente para instalações em grande escala, em que a preservação da paisagem e as restrições de uso do solo podem ser fatores críticos.

Apesar desses desafios, é evidente que os avanços na tecnologia dos sistemas de rastreamento solar continuam a buscar soluções para mitigar tais desvantagens, visando melhorar a eficiência, reduzir os custos e aumentar a durabilidade e a confiabilidade desses sistemas. A decisão entre adotar sistemas de rastreamento solar ou sistemas fixos deve, portanto, basear-se em uma análise detalhada das necessidades específicas, dos custos envolvidos, dos benefícios esperados e das condições locais.

## 2 Metodologia

A metodologia desenvolvida tem como objetivo principal utilizar a Calculadora TRL criada pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) para determinar o Nível de Prontidão Tecnológica (TRL) da tecnologia objeto deste estudo. Posteriormente, foi realizada a coleta de dados por meio de *checklists* detalhados conforme especificado pela Norma ABNT NBR ISO 16290:2015. Essa coleta é essencial para a preparação da avaliação a ser realizada pela Calculadora TRL.

De acordo com Rocha, Ribeiro e Salgado (2019), o uso da Calculadora TRL permite uma análise dinâmica, padronizada e imediata dos dados coletados, facilitando o processo de avaliação. Essa ferramenta, hospedada em um aplicativo Microsoft Excel, é instrumental para a execução da metodologia, abrangendo desde a definição dos parâmetros da avaliação até a aplicação de um questionário detalhado que examina aspectos técnicos, econômicos, político-legais e de gestão da tecnologia em estudo, sendo a sua tela inicial apresentada pela Figura 1.

**Figura 1** – Tela inicial da Calculadora TRL IAE/ITA



Fonte: ITA (2021)

Finalizando o processo, um relatório TRL é gerado, apresentando uma visão comparativa entre os resultados obtidos pela metodologia proposta e aqueles baseados na avaliação padrão da NBR ISO 16290:2015.

Os dados utilizados para responder às perguntas da calculadora obtidos na base de dados Questel Orbit, o qual conta com ampla abrangência com a disposição de 87 escritórios (Calzans *et al.*, 2021), e as palavras-chave usadas para a pesquisa de patentes relacionadas a painéis solares flutuantes com sistema de rastreamento foram uma combinação específica de termos técnicos e descritivos, a saber: *(Floating Solar Panel OR "Floating Solar Plate OR Buoy OR Float OR Solar Collector OR Solar Energy)AND((Rotation OR Rotational OR Rotate OR Turnover) AND (Monitoring OR Control OR Tracking OR Tracker OR Trace OR GPS) AND (Change OR Position OR Tilt OR Flexible)*.

Junto a isso, a pesquisa adotou a bibliometria, realizando uma busca sistematizada em bases de dados seguida por análise dos resultados, que é uma técnica amplamente utilizada e precisa para examinar e interpretar grandes conjuntos de dados científicos. Esse método facilita a compreensão das tendências de desenvolvimento em um campo específico (Silva; Dutra; Figueiredo, 2023).

Na Web of Science, as palavras-chave empregadas para a análise bibliométrica centraram-se em aspectos amplos da energia solar e seu rastreamento, com o propósito de capturar uma gama vasta de publicações no campo. As palavras-chave específicas incluíram: *((solar AND energy AND tracking) OR (light AND gathering AND collector) OR (solar AND automatic AND tracking) OR (solar AND energy) OR (solar AND mirror AND bracket) OR (solar AND energy AND mirror) OR (incident AND slot )OR (sunlight AND irradiation AND angle) OR (solar AND tracking AND controller) OR (solar AND light AND tracking) OR (tracking AND solar AND energy))*. Para fins de análise, foram utilizados os 50 primeiros artigos mais relevantes.

### 3 Resultados e Discussão

Buscou-se pelos avanços e o estado atual da tecnologia de painéis solares flutuantes com sistema de rastreamento, baseando-se na análise de dados de patentes e nas publicações acadêmicas. Por meio da base de dados Questel Orbit e das análises bibliométricas, observa-se um aumento expressivo no número de patentes relacionadas a essa tecnologia, especialmente após 2020, indicando um interesse crescente no setor. A pesquisa destaca o período entre 2016 e 2020 como especialmente ativo em termos de desenvolvimento e aplicação de patentes, com um foco particular em inovações recentes.

Uma revisão das patentes revela um total de 5.015 patentes ativas e 5.641 expiradas, com uma concentração significativa de inovações patenteadas após 2020. Além disso, a análise de famílias de patentes concedidas mostra uma tendência de crescimento contínuo em inovações tecnológicas, com uma distribuição geográfica ampla que reflete a importância global dessa tecnologia. As áreas de aplicação variam amplamente, abrangendo desde engenharia civil e tecnologia ambiental até medição e transporte, destacando o caráter interdisciplinar e o potencial de aplicação da tecnologia.

No que tange à distribuição de patentes por países, a China lidera com um número significativo de registros, seguida por Coreia do Sul e Estados Unidos, evidenciando a liderança dessas nações em inovação e proteção de propriedade intelectual. Outros países também apresentam atividade relevante, embora em menor escala, indicando uma diversidade geográfica na inovação tecnológica.

A pesquisa complementar na base de dados Questel Orbit com termos adicionais relacionados a painéis solares flutuantes e a sistemas de rastreamento solar mostra um total de 23.839 famílias de patentes, destacando um aumento substancial na atividade de patenteamento após 2020 e reforçando a percepção de um pico de inovação e investimento em pesquisa e desenvolvimento na área.

A análise bibliométrica, conduzida na Web of Science, revela um crescimento constante nas publicações anuais relacionadas à energia solar e a sistemas de rastreamento, com um pico significativo em 2021. Isso sugere um interesse global contínuo e crescente em pesquisa e em desenvolvimento nas áreas de tecnologias solares.

A distribuição temática das publicações sublinha a interdisciplinaridade da pesquisa em energia solar, cobrindo desde combustíveis energéticos e ciência dos materiais até engenharia e tecnologias ambientais. Finalmente, a análise global de publicações por país destaca os Estados Unidos e a China como líderes em produção de conhecimento no campo, seguidos por Índia e diversos países europeus e asiáticos, demonstrando um esforço global contínuo na pesquisa e na inovação em tecnologias solares.

Com base na bibliometria realizada na Web of Science, foi possível identificar que os princípios básicos do rastreamento solar foram amplamente reconhecidos e bem documentados. As potenciais aplicações dessa tecnologia também foram exploradas em detalhes, abarcando uma gama de usos que vão desde o âmbito residencial até aplicações em escala industrial. Em relação aos estudos que confirmam os princípios básicos da tecnologia de rastreamento solar, há uma variedade de pesquisas e de artigos científicos que oferecem uma fundamentação sólida, apresentando dados experimentais e resultados de simulações que endossam a eficácia dessa tecnologia.

Até dezembro de 2023, a análise bibliométrica na Web of Science revelou um total de 378.989 publicações em painéis solares flutuantes e sistemas de rastreamento. O crescimento anual dessas publicações atingiu seu ápice em 2021, com 31.414 publicações, marcando o maior interesse e investimento na pesquisa de energia solar até então. A partir de 2012, observou-se um aumento notável na atividade de publicação, destacando-se como um ano de inflexão com mais de 14.000 publicações, refletindo um aumento significativo no engajamento com as tecnologias de energia solar.

Em termos de distribuição temática, as categorias “Combustíveis Energéticos”, “Ciência dos Materiais Multidisciplinar” e “Física Aplicada” foram as mais destacadas, indicando uma concentração de pesquisa em desenvolvimento tecnológico e inovação material. “Combustíveis Energéticos” liderou com 139.387 publicações, seguido por “Ciência dos Materiais Multidisciplinar” com 90.480 e “Física Aplicada” com 64.501 publicações.

Quanto à distribuição global das publicações, os Estados Unidos lideraram com 85.708 publicações, seguidos pela China com 81.901 e pela Índia com 33.467 publicações. Esse perfil ressalta o papel dominante desses países na pesquisa de energia solar e destaca a Índia como um centro emergente de inovação nesse campo. A análise bibliométrica, portanto, sublinha o crescente interesse global em tecnologias de energia solar, refletido no aumento substancial do volume de publicações, na diversidade temática da pesquisa e na distribuição geográfica ampla dos esforços de pesquisa.

Embora a documentação analisada não especifique leis ou pressupostos que impactam diretamente o desenvolvimento dessa tecnologia, as discussões se focam mais nos aspectos técnicos e na eficiência. Informações a respeito dos riscos, custos e cronogramas para o desenvolvimento da pesquisa tecnológica não foram encontradas nos trechos apresentados, o que pode sugerir a necessidade de uma investigação mais aprofundada para esclarecer esses aspectos.

Os estudos e a pesquisa sobre a tecnologia de rastreamento solar são conduzidos por uma comunidade científica global, como evidenciado pela diversidade de autores e de estudos mencionados nas publicações analisadas. No entanto, não foram encontradas menções específicas sobre fontes monetárias ou *stakeholders* diretamente interessados na realização dessa tecnologia nos trechos disponibilizados.

Importante ressaltar que a Norte Energia possui um projeto que integra a tecnologia de rastreamento solar com painéis solares flutuantes na Hidrelétrica de Belo Monte. Essa iniciativa aponta para a relevância do tema no país e destaca o engajamento de empresas locais em pesquisas e aplicações práticas da tecnologia.

A pesquisa em ambiente exploratório é um elemento que perpassa os trabalhos citados, comprovando que a área está em constante desenvolvimento e inovação. Além disso, o levantamento realizado confirma a existência de um número significativo de publicações científicas, encontradas em revistas, anais e em congressos, que discutem e avaliam a tecnologia de rastreamento solar, demonstrando o reconhecimento e o interesse contínuo da comunidade acadêmica nesse campo de estudo.

Com base em tais informações, apresenta-se a TRL 1 da Calculadora TRL IAE/ITA, conforme mostra a Figura 2:

**Figura 2** – Preenchimento da TRL 1 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	TRL 1: Princípios básicos observados e reportados	
ESP	% Completa	
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foram identificados os princípios básicos?
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foram identificadas potenciais aplicações para a tecnologia?
E	100	Foram documentado os estudos que confirmam os princípios básicos?
E		Foram identificadas leis e pressupostos utilizados na nova tecnologia e não proíbem o desenvolvimento?
E		Foi levantada e documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da pesquisa tecnológica?
E	100	Foi identificado quem e onde será realizada as pesquisas da tecnologia?
E		Existe fonte monetária ou interessados, stakeholders (patrocinadores) na concretização da tecnologia?
E	100	Foi levantado se alguma outra instituição de pesquisa ou empresa está pesquisando a tecnologia no país?
E	100	Foi realizada pesquisa em ambiente exploratório?
E	100	Existem publicações científicas em revistas/ anais/ congressos a respeito da tecnologia?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Na revisão bibliográfica realizada na Web of Science, foram formuladas as possíveis aplicações da tecnologia de rastreamento solar, destacando-se sua utilidade em diversas áreas, inclusive no carregamento de dispositivos móveis. A pesquisa contemplou a implementação desses sistemas em ambientes de trabalho reais, enfatizando a prática e a teoria, conforme a apresentado na Figura 3.

As funções essenciais da tecnologia, como o aumento da eficiência energética e a precisão dos sistemas de rastreamento, foram claramente identificadas. A viabilidade das aplicações, sustentada por estudos, foi bem documentada, expondo as capacidades avançadas de detecção e a eficiência energética aprimorada que tais sistemas oferecem. Funcionalidades específicas da tecnologia, incluindo o ajuste automático ao movimento do sol, foram reconhecidas.

Foram também reconhecidos e documentados os GAPs da tecnologia, com foco em desafios de controle e limitações dos sensores, e as abordagens para superar essas barreiras. O suporte a programas e a projetos é evidente, com menções a sistemas projetados para residências e iluminação pública, além de projetos como o da Norte Energia, que integra rastreamento solar com painéis solares flutuantes em Belo Monte.

Os potenciais clientes são variados, incluindo regiões com alta demanda energética e países em desenvolvimento, onde tais sistemas podem contribuir para uma oferta de energia mais sustentável. O interesse dos clientes na aplicação da tecnologia é subentendido pelo enfoque em atender às necessidades energéticas de forma eficiente e ambientalmente responsável, indicando um mercado receptivo às inovações do rastreamento solar.

**Figura 3** – Preenchimento da TRL 2 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	TRL 2: Conceito tecnológico e/ou aplicação formulados	
ESP	% Completa	
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foram formuladas as potenciais aplicações?
E	100	Foi realizada pesquisa em ambiente de trabalho?
E	100	Foram identificadas as principais funções a serem desempenhadas pela tecnologia?
E	100	Foi documentada a viabilidade das aplicações confirmadas por estudos?
E	100	Foi identificada a funcionalidade da tecnologia?
E	100	Foram identificados possíveis GAP's da tecnologia e documentados?
E	100	Sabe que programa (projeto) a tecnologia vai apoiar?
E	100	Foram identificados potenciais clientes?
E	100	Cliente demonstra interesse na aplicação?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Para responder às questões apresentadas na Figura 4, com base na documentação fornecida, é possível afirmar que os requisitos de desempenho da tecnologia foram especificados, como demonstrado pelo desenvolvimento e resultados comparativos de um sistema de rastreamento solar. Os componentes que devem trabalhar juntos foram identificados e documentados, evidenciando uma visão sistêmica, com detalhamento de elementos como painéis solares, motores e sensores LDR.

Ademais, a viabilidade científica da tecnologia foi plenamente demonstrada por meio dos resultados experimentais que suportam a eficácia das abordagens de rastreamento solar discutidas. As técnicas de desenvolvimento da tecnologia foram identificadas e desenvolvidas, incluindo o uso de algoritmos difusos e controladores *fuzzy*. Componentes-chave para a fabricação também foram destacados nos artigos analisados.

No entanto, as informações disponíveis não permitem confirmar se o projeto conceitual do elemento foi concretizado e documentado, se os possíveis defeitos da tecnologia foram identificados em experimentos de laboratório, se os conceitos de fabricação foram avaliados, ou se os riscos, custos e cronograma para o desenvolvimento do protótipo foram documentados. Esses aspectos específicos podem exigir uma investigação mais detalhada dos artigos e dos relatórios técnicos completos.

**Figura 4** – Preenchimento da TRL 3 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	ESP	% Completa	TRL 3: Prova de conceito experimental e analítica, da função crítica e/ou característica
I			<input type="checkbox"/> Foi concretizado a realização do projeto conceitual do elemento e documentado?
I			<input checked="" type="checkbox"/> Foram especificados os requisitos de desempenho da tecnologia?
E		100	Foi verificada a viabilidade da aplicação por experimentos de laboratório (simulação)?
E			Foram identificados os possíveis defeitos da tecnologia em experimentos de laboratório?
E		100	Foram identificados e documentados os componentes que devem trabalhar juntos(visão sistêmica)?
E		100	Foi plenamente demonstrada a viabilidade científica da tecnologia?
E		100	Foram identificadas e desenvolvidas as técnicas de desenvolvimento da tecnologia?
E			Foram avaliados os conceitos de fabricação da tecnologia?
E		100	Foram identificados os componentes chaves para fabricação?
E			Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento do protótipo?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

De acordo com os artigos revisados para responder à TRL 4 da Figura 5, foi realizado um projeto conceitual para a tecnologia de rastreamento solar, com vários estudos enfocando sistemas de rastreamento e concentração eficientes. Os componentes individuais foram testados em laboratórios, com relatórios detalhando testes e depuração de sistemas de rastreamento solar de baixo custo e de duplo eixo automático. Os possíveis GAPs da tecnologia foram identificados, apontando limitações dos sistemas de rastreamento existentes e propondo soluções inovadoras para superá-las.

Requisitos gerais do sistema para aplicação aos usuários finais foram estabelecidos, demonstrando como os projetos visam a aumentar a eficiência dos painéis solares. Métricas de desempenho, como a precisão do rastreamento do ângulo zenital e azimutal solar, foram estabelecidas, e análises de custo para o desenvolvimento de protótipos de rastreamento solar também foram realizadas, relatando um aumento significativo na eficiência da geração de energia elétrica e fornecendo uma análise de custos associada. Embora não haja menção explícita a um cronograma específico para o desenvolvimento do protótipo nem a um programa de gestão de risco, estudos sobre a integração da tecnologia de rastreamento solar em projetos finais

foram conduzidos, destacando a integração em sistemas fotovoltaicos existentes para aumentar a eficiência energética.

**Figura 5** – Preenchimento da TRL 4 sobre os princípios básicos e reportados

ISO		
ESP	% Completa	<b>TRL 4: Validação funcional do componente e/ou "breadboard" em ambiente de laboratório.</b>
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foi realizado o projeto conceitual da tecnologia?
E	100	Foram testados os componentes individuais em laboratórios e realizados relatórios?
E	100	Foram totalmente identificados os possíveis GAP's da tecnologia ?
E	100	Foram identificados os requisitos gerais do sistema para aplicação aos usuários finais?
E	100	Foram estabelecidas as métricas de desempenho da tecnologia?
E		Foi identificado os custos para desenvolvimento do protótipo?
E		Foi realizado o cronograma para desenvolvimento do protótipo?
E		Foi iniciado o programa de gestão de risco do protótipo?
E	100	Foram iniciados os estudos de integração da tecnologia ao projeto final?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Os artigos analisados não detalham explicitamente sobre a definição preliminar de requisitos de desempenho no ambiente relevante. Contudo, é importante notar que o local escolhido para análise da tecnologia foi considerado como o ambiente relevante para tal definição. Também não há menção a um projeto preliminar do elemento que seja apoiado por modelos apropriados para a verificação de funções críticas, nem a um plano de teste de função crítica para a análise dos efeitos de escala. A estipulação da definição da placa de ensaio e a realização de testes dessa placa com relatórios também não são abordados na análise dos estudos.

Além disso, as publicações mais relevantes não fornecem informações sobre a identificação dos efeitos de possíveis falhas da tecnologia, requisitos de interface de sistema ou das interações entre componentes ou subsistemas. Não são discutidas as modificações em ambientes de laboratório com o propósito de aproximar esses dos ambientes operacionais para realização de testes. Por fim, não estão detalhados os processos de realização de testes tecnológicos dos componentes em ambientes considerados relevantes.

Apesar de os artigos dispostos na Web of Science conterem uma extensa revisão de sistemas de rastreamento solar e suas avaliações de desempenho, essas informações específicas não são o foco ou requerem uma busca mais aprofundada no conteúdo integral dos periódicos gerenciais de cada empresa fabricante para encontrar informações relacionadas.

**Figura 6** – Preenchimento da TRL 5 sobre os princípios básicos e reportados

ISO		
ESP	% Completa	<b>TRL 5: Validação funcional do componente e/ou "breadboard" em ambiente de relevante.</b>
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foi realizado a definição preliminar de requisitos de desempenho no ambiente relevante?
I		<input type="checkbox"/> Foi realizado o projeto preliminar do elemento, suportado por modelos apropriados para a verificação funções críticas?
I		<input type="checkbox"/> Foi realizado plano de teste de função crítica para análise dos efeitos de escala?
I		<input type="checkbox"/> Foi estipulado a definição placa de ensaio para a verificação da função crítica?
I		<input type="checkbox"/> Foram realizados os testes de teste placa de ensaio com relatórios?
E		Foram identificados os efeitos das possíveis falhas da tecnologia (se houver)?
E		Foram identificados os requisitos de interface de sistema?
E		Foram identificadas as interações entre os componentes / subsistemas?
E		Foi realizada modificações no ambiente de laboratório para aproximar ambiente operacional deixando apto a testes?
E	100	Foram realizados testes tecnológicos dos componentes em ambiente relevante?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Os artigos não especificam se a identificação e a análise das funções críticas do elemento foram realizadas e documentadas em relatório. É reconhecido que o ambiente relevante de funcionamento para o sistema é conhecido. Contudo, não há menção se a definição do requerimento de desempenho e do ambiente relevante foi realizada e documentada.

Não consta informação acerca da documentação dos requisitos completos do sistema e do subsistema para funcionamento. As avaliações das características de desempenho da tecnologia foram concluídas, mesmo considerando os possíveis GAPs. Não foi mencionado se a aquisição de dados da manutenção real, da confiabilidade e dos dados de suporte foi iniciada. Além disso, os artigos não relatam se um modelo representativo (protótipo) completo foi testado em laboratório, num ambiente operacional de alta fidelidade (simulação).

Tais conclusões foram usadas como base para as respostas da TRL 6, conforme mostra a Figura 7.

**Figura 7** – Preenchimento da TRL 6 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	ESP	% Completa	TRL 6: Demonstração do modelo ou protótipo do sistema/subsistema em ambiente relevante.
I		<input type="checkbox"/>	Foram realizados identificação e análise das funções críticas do elemento e verificadas as funções críticas e documentadas em relatório?
I		<input type="checkbox"/>	O ambiente relevante de funcionamento para eventual sistema é conhecido?
E	—		Foi realizada e documentada a definição de requerimento do desempenho e do ambiente relevante?
E	—		Foram documentados os requisitos completos de sistema e subsistema para funcionamento?
E	—	100	Foram concluídas as avaliações das características de desempenho da tecnologia mesmo com os possíveis GAPs?
E	—		Foi iniciada a aquisição de dados da manutenção real, confiabilidade e dados de suporte?
E	—		Foi testado o modelo representativo (protótipo) completo em laboratório, ambiente operacional de alta fidelidade (simulação)?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

A revisão bibliográfica examina uma variedade de estudos focados em aumentar a eficiência dos painéis solares e dos sistemas de rastreamento solar. Embora sejam discutidas as estratégias para otimizar o desempenho desses sistemas e sejam mencionados experimentos e análises comparativas que sugerem uma avaliação do ambiente operacional e dos modelos de teste, não há uma menção explícita à documentação específica de requisitos de desempenho ou definições do ambiente operacional.

Para além disso, os estudos relatam o sucesso dos sistemas de rastreamento solar em vários ambientes e condições, indicando testes bem-sucedidos de protótipos, mas não detalha a documentação específica desses testes ou a simulação das funcionalidades para demonstração em um ambiente operacional. A integração de protótipos em ambientes reais ou simulados é sugerida pela implementação prática dos sistemas de rastreamento solar descritos.

Por fim, embora as pesquisas apontem para a análise de custos e a viabilidade econômica dos sistemas de rastreamento solar, elas não discutem especificamente a documentação dos riscos, custos e cronograma para o desenvolvimento da tecnologia em escala. Portanto, apesar da riqueza de informações técnicas e experimentais fornecidas sobre os sistemas de rastreamento solar, as questões relacionadas à documentação formal dos processos de *design*, o teste e a análise econômica parecem não ser o foco central das publicações.

**Figura 8** – Preenchimento da TRL 7 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	TRL 7: Demonstração do protótipo do sistema em ambiente espacial.	
ESP	% Completa	
I		<input type="checkbox"/> Foi documentada a definição de requisitos de desempenho?
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foi documentada a definição do ambiente operacional?
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foi documentada a definição do modelo e da realização do teste?
E	50	Foi realizado testes em cada interface do sistema / software individualmente em condições de tensão e anômalas?
E	50	Foi simulado as funcionalidades disponíveis para demonstração em ambiente operacional?
E	100	Foi totalmente integrado o protótipo ao ambiente real demonstrado (ou simulado ambiente operacional)?
E	100	Foi realizado teste com sucesso do protótipo do sistema em um ambiente estipulado?
E		Foi realizado documentação do teste do modelo de protótipo?
E	100	Foi documentada a ideia dos riscos, custos e cronograma para desenvolvimento da tecnologia em escala?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Os artigos obtidos não parecem responder diretamente às perguntas listadas na Figura 9, pois não há menção a um sistema ou produto específico que tenha sido testado ou integrado. Os estudos científicos versam sobre sistemas de rastreamento solar e tecnologias associadas. Portanto, não é possível afirmar, com base nas informações disponíveis, se as etapas mencionadas na imagem foram concluídas para um produto ou um sistema específico.

**Figura 9** – Preenchimento da TRL 8 sobre os princípios básicos e reportados

ISO	TRL 8: Sistema real completo e qualificado em voo por meio de testes e demonstração.	
ESP	% Completa	
I		<input type="checkbox"/> Foi construído e integrado o modelo final no sistema final? (produto)
E		Foram realizados ajustes dos componentes a suas funções para deixar compatível com o sistema operacional?
E		Foi testado o sistema e caracterizado com seu design e função para a aplicação pretendida ?
E		Foram demonstrados os resultados o funcionamentos e a função da tecnologia em eventual teste de sistema de plataforma?
E		Foi concluído o processo de controle da interface?
E		Foi concluída a documentação formal de regulamentação?
E		Foi concluída a documentação da gestão e controle de configuração?
E		Foram demonstradas todas as funcionalidades em ambiente operacional simulado e sistema qualificados através de teste e avaliação na plataforma
E		Foi identificado que o sistema atende às especificações?
E		Foi iniciado no programa de gestão de risco em parceria com o desenvolvimento com a indústria?
E		Foi identificado os custos para desenvolvimento da tecnologia em escala ou transmitido o conhecimento em parceria com a indústria?
E		Foi estipulado cronograma para desenvolvimento em escala da tecnologia ou realizado trabalho em parceria com a indústria?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Com a conclusão satisfatória dos relatórios de operação em funcionamento e a demonstração plena do sistema em condições reais, o projeto avançou significativamente. O conceito operacional foi implementado com êxito e a tecnologia prevista foi instalada e implantada na plataforma do sistema conforme o designado. As operações de missão, crucialmente, foram cumpridas com sucesso, confirmando a eficácia do sistema de missão real. Não há menção explícita acerca da fabricação para afirmar se seguiu rigorosos controles de processo, garantindo o nível de qualidade exigido, porém, é compreendido pelos relatos que sim. Durante o desenvolvimento, todos os detalhes pertinentes ao escalonamento, custos e cronograma foram meticulosamente documentados.

Além disso, a documentação final incorporou o processo de parceria e de transferência de conhecimento para a indústria, garantindo uma transição suave do desenvolvimento para a aplicação prática. Um plano de negócios detalhado foi elaborado para orientar o desenvolvimento da tecnologia, apoiando sua trajetória comercial e técnica. Publicações científicas e patentes foram efetuadas, reforçando o caráter inovador da tecnologia e protegendo sua propriedade intelectual. Por fim, a replicabilidade do projeto foi assegurada, com todos os requisitos sendo atendidos para permitir uma reprodução fiel em futuras implementações.

Tais conclusões obtidas foram utilizadas para preencher o questionamento da TRL 9, apresentado na Figura 10.

**Figura 10** – Preenchimento da TRL 9 sobre os princípios básicos e reportados

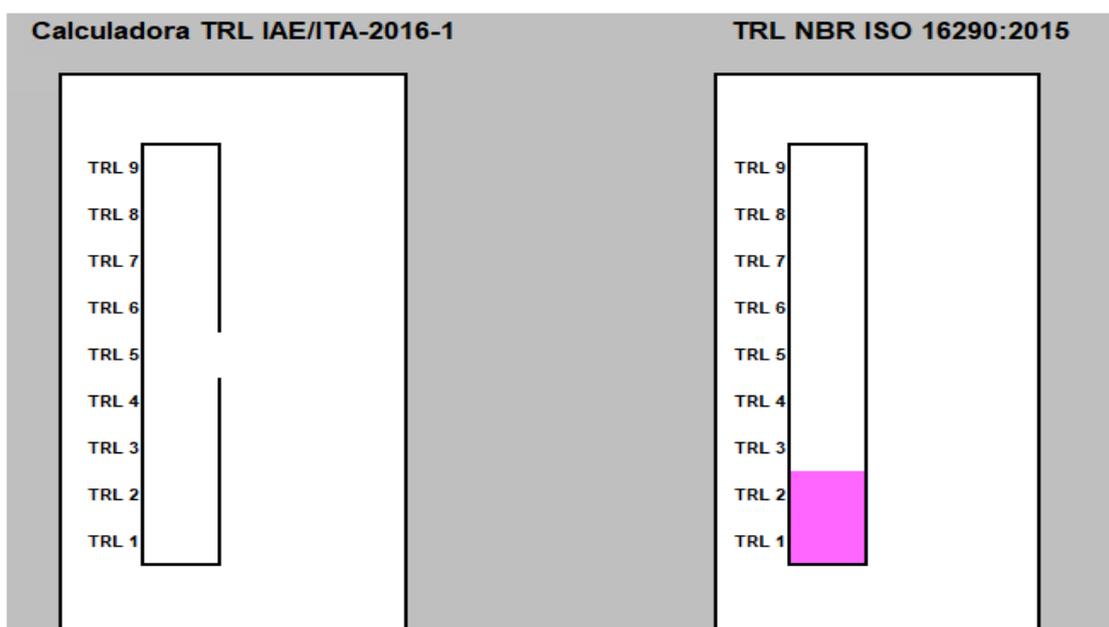
ISO	TRL 9 : Sistema real testado em funcionamento por meio de operações com missão alcançada.	
ESP	% Completa	
I		<input type="checkbox"/> Foi realizado comissionamento na fase de operação inicial?
I		<input checked="" type="checkbox"/> Foram finalizados os relatórios de operação em voo?
E	—	100 Foi plenamente demonstrado o sistema real?
E	—	100 Foi implementado com sucesso o conceito operacional?
E	—	100 Foi instalada e implantada a tecnologia em plataforma de sistema antes destinado?
E	—	100 Foi realizada através de operações de missão bem sucedida por sistema de missão real?
E	—	Foram realizados todos os processos de fabricação controlados para o nível de qualidade adequado?
E	—	Foi incluída na documentação o processo de desenvolvimento em escala, o custo e o cronograma para tal desenvolvimento?
E	—	Foi incluída na documentação final o processo de parceria e de transferencia de conhecimento para industria?
E	—	Foi realizado plano de negócio para desenvolvimento da tecnologia?
E	—	100 Foram realizadas publicações científicas e/ou patentes a respeito da tecnologia ?
E	—	100 É possível reproduzir o mesmo projeto com mesmos requisitos?

Fonte: Adaptada de ITA (2021)

A Figura 11 mostra dois gráficos de barra vertical, representando diferentes metodologias de avaliação dos Níveis de Prontidão Tecnológica (TRL), que são utilizados para medir o estágio de desenvolvimento de uma tecnologia. No gráfico à esquerda, etiquetado como “Calculadora TRL IAE/ITA-2016-1”, todas as barras, correspondendo aos níveis de TRL de 1 a 9, estão vazias, o que indica que não foi feita uma avaliação ou que a tecnologia ainda não atingiu esses estágios de desenvolvimento.

No gráfico à direita, intitulado “TRL NBR ISO 16290:2015”, a barra correspondente ao TRL 1 está colorida, sugerindo que a tecnologia alcançou o primeiro nível de prontidão tecnológica conforme definido pela norma NBR ISO 16290:2015. Esse nível indica o reconhecimento dos princípios básicos da tecnologia. O preenchimento da TRL 1 reflete os resultados de uma análise bibliométrica que encontrou documentação sólida dos princípios básicos da tecnologia em estudo, nesse caso, o rastreamento solar.

**Figura 11** – Status da tecnologia



Fonte: Adaptada de ITA (2021)

Esses gráficos são ferramentas usadas para relatar visualmente o progresso da tecnologia por meio dos diferentes estágios de maturidade, e a diferença nos preenchimentos entre eles pode refletir variações nas metodologias de avaliação ou no progresso reconhecido de acordo com diferentes critérios ou em momentos distintos.

Nessa análise sobre a inovação dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, é importante destacar a relevância do tema no contexto da propriedade industrial e da inovação tecnológica. A implementação e o desenvolvimento desses sistemas representam uma confluência de avanços tecnológicos e legais, aspectos econômicos e de valoração que são relevantes para o desenvolvimento regional e internacional. A integração desses painéis solares flutuantes em diferentes contextos geográficos e climáticos destaca não apenas seu potencial tecnológico na promoção da sustentabilidade e da eficiência energética, mas também a necessidade de um arcabouço legal e políticas de apoio que facilitem sua adoção e desenvolvimento.

## 4 Considerações Finais

Este trabalho apresentou uma investigação sobre os painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, explorando sua inovação, aplicabilidade e impacto na eficiência energética e sustentabilidade ambiental. Por meio da utilização da metodologia dos Níveis de Prontidão Tecnológica (TRLs) e de uma abordagem bibliométrica, foi possível avaliar o estágio atual de desenvolvimento dessas tecnologias e destacar sua relevância tanto no contexto global quanto no brasileiro.

A análise de TRL (Níveis de Prontidão Tecnológica) neste artigo segue a estrutura da norma ABNT NBR ISO 16290:2015, aplicando-a ao contexto dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento. Essa abordagem metodológica permite uma avaliação padronizada e dinâmica do estágio de desenvolvimento da tecnologia em estudo, desde a concepção teórica até sua aplicação prática e comercialização. Essa mesma abordagem foi enriquecida com dados coletados de patentes e de publicações acadêmicas, proporcionando uma visão abrangente do estado atual e do avanço tecnológico no campo da energia solar. Essa análise de TRL destaca tanto o potencial significativo quanto os desafios remanescentes para os painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, sublinhando a necessidade de pesquisa contínua, o desenvolvimento e a colaboração entre setores para promover a inovação e a aplicabilidade dessa tecnologia no campo da energia solar.

Os resultados da pesquisa evidenciaram um aumento expressivo no interesse e no desenvolvimento tecnológico associado aos sistemas de rastreamento solar, particularmente após 2020. Isso reflete não apenas o potencial dessas tecnologias em termos de eficiência energética e redução de custos, mas também sua importância estratégica para a transição energética rumo a fontes mais sustentáveis. Embora o estudo tenha identificado avanços significativos na tecnologia de painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, também foram reconhecidos desafios, como o custo inicial mais elevado e a complexidade operacional e de manutenção. No entanto, os esforços contínuos em pesquisa e desenvolvimento visam a mitigar essas desvantagens, promovendo melhorias na eficiência, na redução de custos e no aumento da durabilidade e da confiabilidade desses sistemas.

Os exemplos práticos de implementação em diferentes países, incluindo o Brasil, ilustram o potencial e a aplicabilidade dessa tecnologia em diversos contextos geográficos e climáticos. Essas iniciativas também destacam a importância da cooperação entre instituições de pesquisa, indústria e governo para fomentar a inovação e a transferência de tecnologia.

Em perspectiva, o estudo sugere que os painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento continuarão a ser uma área de grande interesse e desenvolvimento. À medida que a tecnologia avança e os custos diminuem, espera-se uma adoção mais ampla, contribuindo significativamente para a meta de uma energia mais limpa e sustentável. A investigação futura deve focar na superação dos desafios técnicos remanescentes, na otimização dos sistemas para diferentes ambientes e na exploração de novos materiais e tecnologias para maximizar a eficiência e o desempenho.

Portanto, este estudo auxilia para a compreensão da importância dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, destacando sua contribuição para a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental. Encoraja-se a continuidade da pesquisa e o desenvolvimento nessa área, visando sua plena implementação e integração nas estratégias globais de energia renovável.

## 5 Perspectivas Futuras

Para os pesquisadores que pretendem avançar no estudo dos painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento, desenvolver uma abordagem objetiva e prática é essencial. A investigação futura deve focar na customização de sistemas para diferentes tipos de corpos d'água, atendendo, assim, às especificidades de cada localização empresarial. Esse esforço incluiria a avaliação de variáveis ambientais, como a dinâmica da água e as condições climáticas, para otimizar a instalação e o desempenho dos sistemas. A pesquisa e desenvolvimento de novos materiais e tecnologias de rastreamento mais eficientes e menos custosos são imperativos. Isso exigiria colaborações multidisciplinares, combinando conhecimentos em engenharia, ciências materiais e sustentabilidade. Tais inovações poderiam reduzir o custo inicial e operacional, tornando a tecnologia mais acessível e atraente para o setor empresarial.

É recomendável que pesquisadores estabeleçam parcerias diretas com empresas interessadas na adoção dessas tecnologias. Essas colaborações permitiriam estudos de caso reais, nos quais os sistemas poderiam ser testados em condições operacionais, fornecendo dados valiosos sobre a viabilidade técnica e econômica. Além disso, tais parcerias poderiam facilitar a transferência de tecnologia e o desenvolvimento de projetos-piloto, essenciais para demonstrar a eficácia e os benefícios dos painéis solares flutuantes em ambientes corporativos reais.

Os pesquisadores deveriam também concentrar-se na elaboração de modelos econômicos que destaquem os retornos financeiros e os benefícios ambientais desses sistemas para as empresas. Estudos detalhados sobre a redução da pegada de carbono, economia de custos operacionais e potenciais incentivos fiscais poderiam persuadir mais empresas a investirem nessa tecnologia.

A nível global, espera-se que a adoção de painéis solares flutuantes com sistemas de rastreamento aumente significativamente. Países como China, Índia e Estados Unidos estão na vanguarda dessas tecnologias, impulsionando a inovação e reduzindo custos por meio de produção em larga escala e avanços tecnológicos. No Brasil, iniciativas como a instalação de

painéis solares flutuantes na Usina Hidrelétrica de Belo Monte demonstram o potencial e a aplicabilidade dessa tecnologia em diferentes contextos geográficos e climáticos.

Espera-se que, no futuro, a combinação de políticas públicas favoráveis, investimentos em pesquisa e desenvolvimento e a crescente conscientização ambiental impulsionem uma cultura de tecnologias de energia renovável, como os painéis solares flutuantes. A inovação contínua em materiais e em sistemas de rastreamento poderá aumentar a eficiência e a durabilidade desses sistemas, tornando-os uma opção viável e preferida para várias aplicações, desde pequenos projetos comunitários até grandes instalações industriais.

Globalmente, a expectativa é que a energia solar flutuante se torne uma parte essencial da matriz energética, contribuindo significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação das mudanças climáticas. A economia circular e os serviços ecossistêmicos associados a essas tecnologias também são áreas promissoras para futuras pesquisas e desenvolvimentos, potencialmente transformando a maneira como a energia é produzida e consumida mundialmente.

Portanto, além de continuar as investigações específicas deste estudo, é essencial que os pesquisadores considerem o contexto mais amplo do desenvolvimento tecnológico e suas implicações socioeconômicas e ambientais, tanto no Brasil quanto no cenário global.

## Agradecimentos

Este estudo foi realizado no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor Elétrico vinculado ao Regulador Brasileiro ANEEL no âmbito do projeto de P&D PD-07427-0122/2022, financiado pela Norte Energia SA, sendo assim, os autores agradecem pelo apoio.

## Referências

- CALAZANS, C. C. *et al.* Sementes Florestais e seu Potencial Tecnológico: uma análise de metadados. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 794-796, setembro, 2021. DOI: 10.9771/cp.v14i3.42765. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/42765>. Acesso em: 8 abr. 2024.
- CHEN, M. *et al.* Evaluation of solar energy transmission and heat-mass transfer in a floating solar concentrated distillation configuration. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. **Elsevier**, [s.l.], 2022.
- HUANG, C.; PAN, H.; LIN, K. Development of Intelligent Fuzzy Controller for a Two-Axis Solar Tracking System. **Applied Sciences-Basel**, [s.l.], v. 6, Issue 5, 2016. DOI: 10.3390/app6050130.
- IDOKO, J. A. *et al.* Design of Automatic Solar Tracking System Prototype to Maximize Solar Energy Extraction. In: IEEE PES/IAS POWERAFRICA, Nairóbi, Quênia, 2020, p. 1-5. **Anais [...]**. Nairóbi, Quênia, 2020. DOI: 10.1109/PowerAfrica49420.2020.9219860..
- ITA – INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO. Observatório Tecnológico (VDIR-CT-OT). **Calculadoras TRL e MRL**. 2021. Disponível em: <https://iae.dcta.mil.br/index.php/calculadoras-trl-e-mrl>. Acesso em: 1º abr. 2024.

- KUMAR, K. N.; SUBRAMANIAM, V. Real Time Clock based Energy Efficient Automatic Dual Axis Solar Tracking System. **Engineering Journal**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 15-26, jan. 2018. DOI: 10.4186/ej.2018.22.1.15.
- LASEINDE, T.; RAMÉRE, D. Low-cost automatic multi-axis solar tracking system for performance improvement in vertical support solar panels using Arduino board. **International Journal of Low-carbon Technologies**, [s.l.], v. 14, n. 1, p. 76-82, mar. 2019.
- LOPES, M. P. C. *et al.* Technical potential of floating photovoltaic systems on artificial water bodies in Brazil. **Renewable Energy**, [s.l.], 2022.
- MARTINS, Guilherme Santos; GIESBRECHT, Mateus. Hybrid approaches based on Singular Spectrum Analysis and k- Nearest Neighbors for clearness index forecasting. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 219, Part 1, 2023. DOI: 10.1016/j.renene.2023.119434.
- NORTE ENERGIA. **Projeto da Norte Energia vai levar energia solar a aldeias do Médio Xingu**. 2021. Disponível em: <https://www.norteenergiasa.com.br/pt-br/imprensa/releases/projeto-da-norte-energia-vai-levar-energia-solar-a-aldeias-do-medio-xingu-100942>. Acesso em: 1º out. 2022.
- PATERNOSTRO, A. G.; QUINTELLA, C. M.; LEITE, H. J. D. Pesquisa Exploratória Comparativa entre Artigos e Patentes Sobre Maturidade (Prontidão) Tecnológica. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1088-1089, setembro, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i4.33176. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33176>. Acesso em: 8 abr. 2024.
- QUESTEL ORBIT INTELLIGENCE. **Base de dados**: Internet. 2024. Disponível em: <https://www.orbit.com>. Acesso em: 3 jan. 2024.
- RIBEIRO, M. E.; FREY, I. A.; AZEVEDO, P. Classificação das Patentes em Universidades Federais na Escala TRL (Technology Readiness Level): estudo de caso a partir da Norma ISO 16290:2013. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 1, p. 117-130, janeiro a março, 2022. DOI: 10.9771/cp.v15i1.42173. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/42173>. Acesso em: 8 abr. 2024.
- ROCHA, D.; RIBEIRO, J. R.; SALGADO, M. C. V. Proposta de Padronização do Cálculo da Maturidade Tecnológica. In: ANDRADE, H. de S.; CHAGAS JUNIOR, M. de F.; SILVA, M. B. (org.). **Avaliação da Maturidade Tecnológica: conceitos e aplicações**. Jundiaí: Edições Brasil/Editora Fibra, 2019. p. 189-210.
- SILVA, A. P.; DUTRA, F. G. de C.; FIGUEIREDO, D. B. S. Aplicação da Inteligência Artificial na Segurança do Trabalho para a Prevenção de Acidentes: um estudo bibliométrico. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 6, p. 1.956-1.970, outubro a dezembro, 2023. DOI: 10.9771/cp.v16i6.54587. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/54587>. Acesso em: 8 abr. 2024.
- SOUZA, Carlos Roberto Pinto de *et al.* Prospecção Tecnológica Aplicada a Tecnologias de Coleta de Energia Solar. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 4, p. 1.085-1.098, dez. 2018.
- TCHAO, E. T. An Implementation of an Optimized Dual-Axis Solar Tracking Algorithm for Concentrating Solar Power Plants Deployment. **Scientific African**, [s.l.], v. 16, art. e01228, 2022. DOI: 10.1016/j.sciaf.2022.e01228.

## Sobre os Autores

### **Sara Brigida Farias Ferreira**

*E-mail:* sara\_farias@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6588-2305>

Mestre em Planejamento e Desenvolvimento Regional e Urbano na Amazônia.

Endereço profissional: Universidade Estadual do Tocantins, Sul Alameda 11 Lote 03, Cx. Postal 173, Palmas, TO. CEP: 77020-122.

### **Cláudio Henrique Cerqueira Costa Basquerotto**

*E-mail:* cbasquerotto@unifesspa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8289-5845>

Doutor em Engenharia Mecânica.

Endereço profissional: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Geociências e Engenharias, Folha 17, Quadra 4, Lote Especial, s/n, Nova Marabá, Marabá, PA. CEP: 68508-445.

### **Marcio Victor Pereira Barros**

*E-mail:* marciobarros@norteenergiasa.com.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5838-4659>

Graduado em Engenharia Civil.

Endereço profissional: Norte Energia S.A., Rodovia Transamazônica, Km 52, s/n, Vitória do Xingu, PA. CEP: 68383-000.

### **João Antonio Pereira**

*E-mail:* joao.a.pereira@unesp.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7260-3349>

Doutor em Engenharia Mecânica.

Endereço profissional: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Avenida Brasil, n. 56, Centro, Ilha Solteira, SP. CEP: 15385-007.