

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA: EXPLORANDO FUNGOS DO GÊNERO  
*ASPERGILLUS* E O SUBSTRATO CASCA DE LARANJA PARA A PRODUÇÃO DE  
PECTINASES POR FERMENTAÇÃO**

**ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO: EXPLORACIÓN DE HONGOS DEL GÉNERO  
*ASPERGILLUS* Y EL SUSTRATO DE CÁSCARA DE NARANJA PARA LA  
PRODUCCIÓN DE PECTINASA POR FERMENTACIÓN**

**BIBLIOMETRIC ANALYSIS: EXPLORING *ASPERGILLUS* FUNGI AND THE  
ORANGE PEEL SUBSTRATE FOR THE PRODUCTION OF PECTINASES BY  
FERMENTATION**

Eduardo Bonora Viana<sup>1</sup>; Camila Fernanda de Aquino Luna<sup>2</sup>; Lorena Trajano Barbosa da Silva<sup>3</sup> Liliana Andréa dos Santos<sup>4</sup>; Tatiana Souza Porto<sup>5</sup>

DOI: <https://doi.org/10.31692/IICIAGRO.0134>

**RESUMO**

A pectinase, uma enzima responsável pela hidrólise da pectina, tem adquirido significativa relevância devido às suas múltiplas aplicações em diversas indústrias, que vão desde a indústria alimentícia até a indústria de biocombustíveis. No contexto do mercado global de enzimas, a utilização de linhagens fúngicas, em especial do gênero *Aspergillus* em processos fermentativos tem se destacado como uma das principais abordagens para a produção de pectinase. Essa estratégia oferece a vantagem adicional de possibilitar a utilização de resíduos agroindustriais, explorando, por exemplo, o potencial das cascas de laranja como substrato nesse processo. O objetivo deste artigo é apresentar uma análise bibliométrica que evidencia as tendências emergentes na indústria de produção de pectinase. Para tanto, foram utilizados o site *Web of Science* e o software *VOSViewer* para realizar a análise bibliométrica, abrangendo documentos publicados nos últimos dez anos. A investigação englobou a identificação dos principais países, autores, instituições e palavras-chave relacionados ao tema. Dos 108 documentos analisados, observou-se que a maioria deles está inserida nas categorias "microbiologia aplicada à biotecnologia" e "tecnologia de ciência de alimentos". Destaca-se que o ano de 2018 apresentou o pico de publicações (14 documentos), enquanto o ano de 2016 registrou o menor número de publicações (8 documentos). O Brasil e a Índia sobressaíram-se como os países com maior número de documentos, totalizando 24 e 22 publicações, respectivamente. Além disso, as palavras-chave mais frequentes foram "pectinases" (142 ocorrências) e "fermentação em estado sólido" (53 ocorrências). Em síntese, a análise bibliométrica proporciona informações valiosas sobre a produção de pectinases, enfatizando a sua relevância e ampla gama de aplicações na indústria. Contudo, é notória a escassez de pesquisas voltadas à produção dessas enzimas a partir de resíduos agroindustriais, evidenciando a necessidade de maior investigação neste âmbito.

**Palavras-Chave:** Bibliometria, Enzimas pectinolíticas, Fermentação com resíduos agroindustriais.

<sup>1</sup> Bacharelado em Engenharia Ambiental, UFRPE, eduardo.bonora@ufrpe.br

<sup>2</sup> Bacharelado em Engenharia Ambiental, UFRPE, camila.aquino@ufrpe.br

<sup>3</sup> Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRPE, lorenatrajano20@gmail.com

<sup>4</sup> Pós-doutoranda em Biotecnologia no RENORBIO, UFRPE, liliana.andrea.santos@gmail.com

<sup>5</sup> Professora do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal, UFRPE, tatiana.porto@ufrpe.br

## RESUMEN

La pectinasa, una enzima responsable de la hidrólisis de la pectina, ha adquirido una relevancia significativa debido a sus múltiples aplicaciones en diversas industrias, desde la industria alimentaria hasta la industria de biocombustibles. En el contexto del mercado global de enzimas, el uso de cepas fúngicas en procesos de fermentación se ha destacado como uno de los enfoques principales para la producción de pectinasa. Esta estrategia ofrece la ventaja adicional de utilizar residuos agroindustriales, como por ejemplo, aprovechar el potencial de las cáscaras de naranja como sustrato en este proceso. El objetivo de este artículo es presentar un análisis bibliométrico que destaque las tendencias emergentes en la industria de producción de pectinasa. Para ello, se utilizaron el sitio web *Web of Science* y el software *VOSViewer* para realizar el análisis bibliométrico, abarcando documentos publicados en los últimos diez años. La investigación incluyó la identificación de los principales países, autores, instituciones y palabras clave relacionadas con el tema. De los 108 documentos analizados, se observó que la mayoría se incluye en las categorías de "microbiología aplicada a la biotecnología" y "tecnología de ciencia de alimentos". Cabe destacar que el año 2018 tuvo el pico más alto de publicaciones (14 documentos), mientras que el año 2016 registró el menor número (8 documentos). Brasil e India se destacaron como los países con mayor número de documentos, totalizando 24 y 22 publicaciones, respectivamente. Además, las palabras clave más frecuentes fueron "pectinasas" (142 ocurrencias) y "fermentación en estado sólido" (53 ocurrencias). En resumen, el análisis bibliométrico proporciona información valiosa sobre la producción de pectinasa, enfatizando su relevancia y amplia gama de aplicaciones industriales. Sin embargo, es evidente la escasez de investigaciones centradas en la producción de estas enzimas a partir de residuos agroindustriales, lo que resalta la necesidad de una mayor investigación en esta área.

**Palabras Clave:** Bibliometría, Enzimas pectinolíticas, Fermentación con residuos agroindustriales.

## ABSTRACT

The pectinase, an enzyme responsible for pectin hydrolysis, has gained significant relevance due to its multiple applications in various industries, ranging from the food industry to the biofuel industry. Within the global enzyme market, the use of fungal strains in fermentation processes has emerged as one of the primary approaches for pectinase production. This strategy offers the additional advantage of utilizing agro-industrial waste, such as exploring the potential of orange peels as a substrate in this process. The objective of this article is to present a bibliometric analysis that highlights emerging trends in pectinase production industry. The *Web of Science* website and *VOSViewer* software were employed to conduct the bibliometric analysis, covering documents published in the last ten years. The investigation encompassed the identification of key countries, authors, institutions, and keywords related to the subject. Among the 108 analyzed documents, the majority fell within the categories of "applied microbiology in biotechnology" and "food science technology." It is noteworthy that the year 2018 witnessed the highest number of publications (14 documents), while 2016 had the lowest (8 documents). Brazil and India stood out as the countries with the highest number of publications, totaling 24 and 22 respectively. Furthermore, the most frequent keywords were "pectinases" (142 occurrences) and "solid-state fermentation" (53 occurrences). In summary, the bibliometric analysis provides valuable insights into pectinase production, emphasizing its significance and wide range of industrial applications. However, there is a noticeable scarcity of research focused on producing these enzymes from agro-industrial waste, underscoring the need for further investigation in this area.

**Keywords:** Bibliometrics, Pectinolytic enzymes, Fermentation with agroindustrial waste.

## INTRODUÇÃO

As enzimas são substâncias presentes nas células dos organismos vivos em pequenas quantidades, capazes de acelerar reações químicas sem sofrerem alterações. Em comparação com os catalisadores químicos, as enzimas apresentam diversas vantagens, como alta especificidade, eficiência catalítica e atividade ajustável. Isso tem impulsionado seu amplo uso

nas indústrias farmacêutica, química e alimentícia (PIRES-CABRAL et al., 2010; YÜCEL et al., 2011). A pectinase tem se destacado como uma enzima que quebra a pectina presente nas paredes celulares vegetais, despertando interesse global como catalisador biológico em diversos processos industriais, como a produção de sucos clarificados, liquefação de biomassa vegetal, fabricação de papel, além de fermentação de café e chá (KASHYAP et al., 2001). Com uma participação de 25% no mercado global de enzimas para alimentos e bebidas, a pectinase é uma das enzimas mais comercializadas no setor biotecnológico (AMIN et al., 2019).

A maior parte da demanda industrial por enzimas é suprida por microrganismos. Devido ao seu rápido crescimento, curto tempo de vida e facilidade de manipulação genética, os microrganismos são preferidos na indústria para a produção de enzimas. Empresas concorrentes fornecem enzimas microbianas padronizadas e comercializadas (SETEGN et al., 2022). As enzimas microbianas podem ser obtidas por processos fermentativos como fermentação em estado sólido (FES) e fermentação submersa (FSm) amplamente utilizadas na produção de pectinases por microrganismos (JOHN et al., 2020).

O presente trabalho teve como objetivo apresentar as tendências emergentes nas pesquisas e indústria de produção de pectinase, incentivando os pesquisadores a desenvolver novas estratégias e explorar diversas aplicações dessas enzimas. Além disso, destaca-se a importância de compreender as diferentes fontes de pectinases, as suas estratégias de produção e a exploração de possíveis substratos alternativos para o processo de fermentação.

## REFERENCIAL TEÓRICO

A pectinase é uma enzima com a propriedade de realizar a quebra da pectina, que por sua vez é um polímero complexo presente na parede celular de plantas (com destaque para frutas e vegetais). Uma das propriedades de relevância da pectina é sua composição - uma mistura de diversos polissacarídeos e no mínimo 65% de ácido galacturônico, o que a confere propriedades espessantes, estabilizantes, emulsificantes e gelificantes (RÊGO et al., 2019). Durante investigações iniciais do composto no ano de 1908, foi observado que a pectina era uma das responsáveis pela turbidez de sucos, por exemplo (CANTERI; WOSIACKI; SCHEER, 2012). Desde então, a pectinase se sobressaiu não só na indústria alimentícia como na têxtil, de celulose, de detergentes e até mesmo de biocombustíveis (Quadro 01).

**Quadro 01:** Principais aplicações industriais da pectinase e seus diferentes usos.

Tipo de Indústria	Aplicações
Indústria Alimentícia	Utilizada nos processos de clarificação, filtração e saborização de sucos, geleias e vinhos. Também é utilizada para melhorar a extração, a estabilidade dos produtos e reduzir o tempo de processamento
Indústria Têxtil	Pré-tratamento e acabamento de tecidos de algodão e linho para remover impurezas e melhorar a aparência do produto final
Indústria da Celulose/Papel	Elevar a eficiência do branqueamento do papel
Indústria de Detergentes	Incluída como aditivo em alguns produtos para melhorar a remoção de manchas em tecidos
Indústria de Biocombustíveis	A aplicação ocorre no processo de produção de etanol a partir de matérias-primas ricas em pectina, como resíduos agrícolas, com o intuito de reduzir a pectina em açúcares menores - melhorando o rendimento e eficiência do processo

**Fonte:** Adaptado de Santi, Berger e da Silva (2014); Melo (2021).

A fonte da enzima se dá através da digestão extracelular de organismos como bactérias, fungos filamentosos, leveduras, protozoários, e até mesmo insetos (YANG et al. 2019). Porém, os fungos filamentosos, principalmente os do gênero *Aspergillus*, ganham notoriedade por sua alta taxa de metabolização externa e produtividade (grande quantidade de enzimas em curtos intervalos de tempo) e seu cultivo fácil e econômico. Uma questão a se observar é que fatores como a temperatura, composição do meio, disponibilidade de água, pH e concentração de inóculo são determinantes para a otimização da produção da pectinase (RIGO et al., 2021).

Tendo em vista que as enzimas pectinolíticas representam cerca de 10% do total de enzimas produzidas em todo o mundo (HUANG et al., 2019), nas últimas décadas, as indústrias estão constantemente buscando os melhores métodos de produção de pectinase (DA SILVA et al., 2021). Dessa forma, existem dois métodos fermentativos mais difundidos: a fermentação em estado sólido (FES) e a fermentação submersa (FSm). Na FES, o crescimento fúngico é estimulado em um substrato sólido com o mínimo de água livre possível, com baixo volume de efluentes e condições de crescimento extremamente similares à dos ambientes naturais (MACIEL, 2009; PITOL et al., 2016). Já na FSm os microrganismos são inseridos num meio líquido com pH e temperatura monitorados, com o método ganhando destaque pela maior facilidade de manipulação das condições de cultivo, mas ficando em desvantagem em relação à FES por produzir um maior volume de efluentes (GUTA, 2022).

Atualmente, a FES está sendo vista como uma proveitosa oportunidade de

reaproveitamento de resíduos agroindustriais (subprodutos gerados durante o processamento de produtos agrícolas, como frutas, vegetais e grãos) que poderiam ser descartados incorretamente em lugares como aterros sanitários e causar problemas ambientais (CAVALCANTE et al., 2018). Isso porque a biomassa de materiais como cascas de fruta é rica em açúcares fermentáveis e nutrientes, tornando esses resíduos possíveis substratos para fermentação e ocorrendo síntese de diversos produtos (DOS SANTOS, 2018).

Considerando essa questão, um resíduo que merece ser objeto de discussão é a casca de laranja, uma das frutas mais produzidas no mundo graças ao mercado do suco de laranja. Segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e o Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), o Brasil produziu entre julho de 2021 e julho de 2022 cerca de 16,90 milhões de toneladas de laranja (31% da produção mundial), sendo o líder mundial no mercado seguido de países como a China e o México (Tabela 1)

**Tabela 01:** Os cinco países com maior produção de laranjas entre julho de 2021 e julho de 2022.

Países	Quantidade produzida (em milhões de toneladas)
Brasil	16,90
China	7,55
União Europeia	6,09
México	4,28
Estados Unidos	3,45

Fonte: ETENE (2022).

## METODOLOGIA

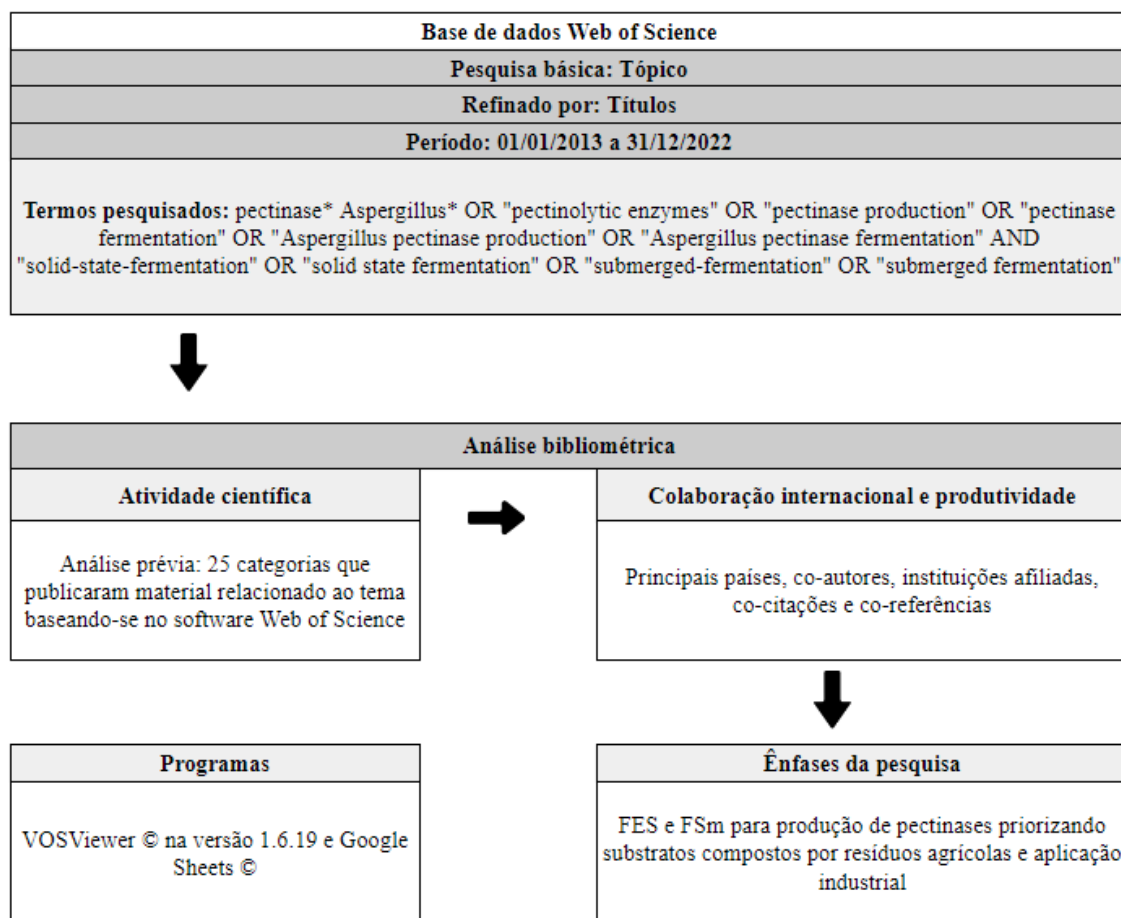
O presente artigo constituiu uma análise bibliométrica como estudo comparativo de natureza quantitativa, realizada com o objetivo de explorar o uso de fungos do gênero *Aspergillus* para produção de pectinase.

A bibliometria é uma abordagem de análise quantitativa que tem como objetivo mensurar e examinar a produção científica e a disseminação do conhecimento em um campo específico de estudo (MACIAS-CHAPULA, 1998). Dessa forma, no âmbito das pesquisas bibliométricas, uma das bases de dados amplamente utilizadas é a *Web of Science*, uma plataforma online que reúne documentos de diversas áreas do conhecimento e que permite a exportação de metadados para realização da bibliometria. Neste estudo, o banco de dados da *Web of Science* acessado por meio do sistema do CAFe da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) foi empregado para a obtenção dos dados necessários. A coleta de dados

foi realizada no dia 15 de abril de 2023, buscando documentos científicos publicados sobre a temática. Os dados foram coletados do banco de dados do *Web of Science* acessado por meio do sistema do CAFE da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e extraídos em formato "Text".

Considerando um critério de inclusão baseado no título, resumo e palavras-chave e o uso dos operadores booleanos OR e AND, as *strings* de busca foram pectinase\* e *Aspergillus*\* para o título e "pectinolytic enzymes" OR "pectinase production" OR "pectinase fermentation" OR "fungal pectinases" OR "industrial pectinases" OR "Aspergillus pectinase production" AND "solid-state-fermentation" OR "solid state fermentation" OR "submerged-fermentation" OR "submerged fermentation". A pesquisa abrangeu um período de dez anos, de 01/01/2013 a 31/12/2022, e utilizou termos em inglês para obter um maior número de documentos, considerando que é uma linguagem adotada internacionalmente. Esses dados foram posteriormente filtrados por meio da leitura do resumo para verificar o enquadramento na proposta do artigo e organizados de maneiras variadas, incluindo gráficos, tabelas e mapas, por meio do uso do software *VOSViewer*. Essa ferramenta auxiliou na visualização e análise dos dados (número de publicações anualmente, principais países e autores e principais palavras-chave utilizadas), possibilitando a identificação de padrões e tendências relevantes (Figura 01).

**Figura 01:** Fluxograma metodológico bibliométrico

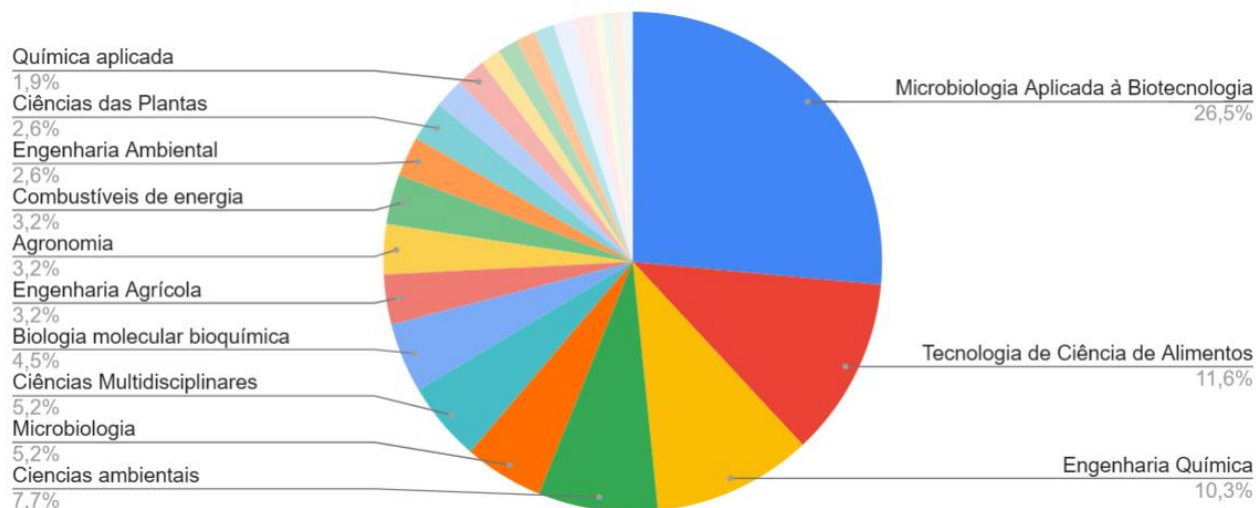


Fonte: Própria (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na busca realizada a partir da plataforma *Web of Science* foram encontrados um total de 108 documentos publicados no período de 2013 a 2022 distribuídos em cinco subáreas principais: “microbiologia aplicada à biotecnologia”, “tecnologia de ciência de alimentos”, “engenharia química”, “ciências ambientais” e “microbiologia”, representando 61,3% do total (Figura 02). Esses resultados podem ser associados ao fato de que apesar de haverem diversas aplicações industriais da pectinase, a indústria de alimentos ainda é um grande pilar da produção de enzimas no geral.

**Figura 02:** Gráfico das categorias dos documentos identificados.



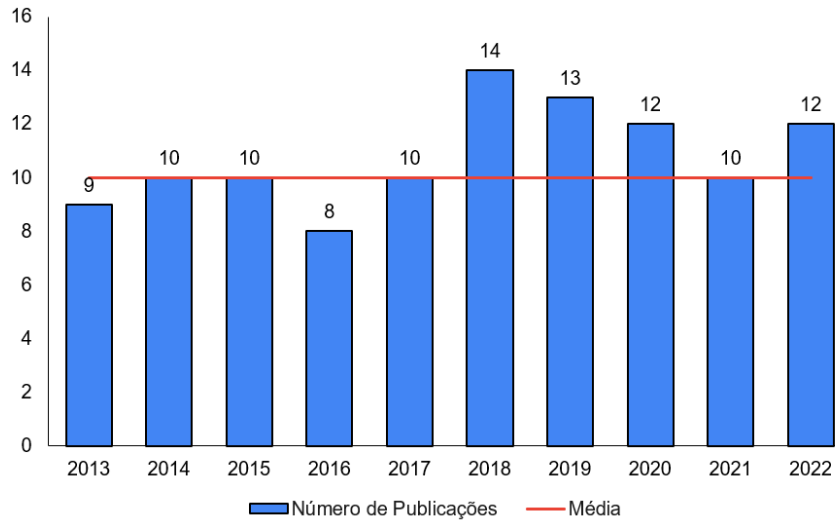
**Fonte:** Adaptado de *Web of Science* (2023).

Em relação ao número de publicações por ano sobre o tema estudado, percebeu-se por meio da análise bibliométrica que não houve grande amplitude do número de publicações ao longo dos anos (Figura 03), com 2016 sendo o ano com menos publicações (8 documentos) e 2018 o pico de publicações (14 documentos). Um comportamento a ser observado é o fato de que a partir de 2017 foram lançados no mínimo 10 documentos por ano, demonstrando um aumento de interesse no campo de pesquisa que também pode ser associado ao avanço tecnológico crescente na área. Pelo fato de o ano corrente de 2023 ainda não ter sido concluído, não foram identificados documentos publicados neste ano.

Além disso, a produção de enzimas a partir de fontes renováveis e não poluentes está alinhada com as preocupações globais com a preservação do meio ambiente e com a busca por soluções que reduzam as emissões de gases de efeito estufa e o consumo de recursos não renováveis. A pesquisa em produção de pectinases pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e sustentáveis, com impactos positivos na economia, sociedade e meio ambiente.



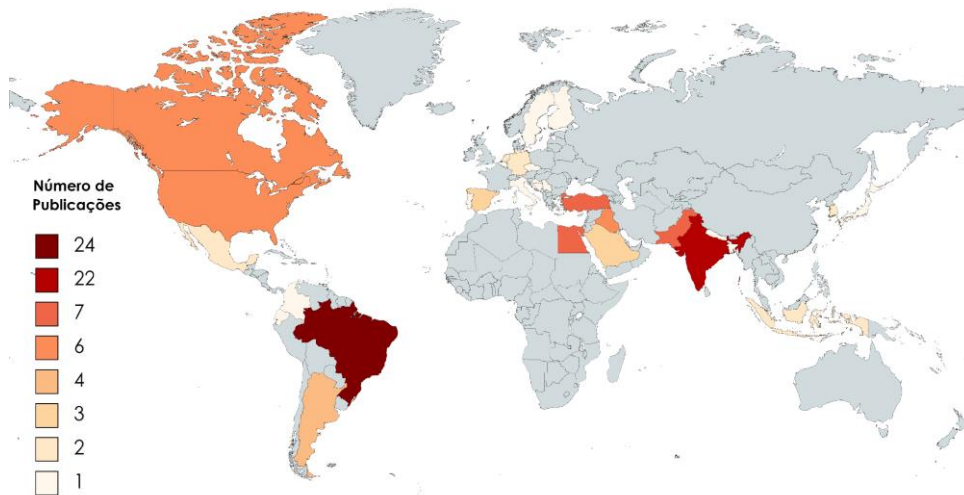
**Figura 03:** Evolução temporal do número de publicações sobre o tema entre os anos de 2013 e 2022.



**Fonte:** Adaptado de *Web of Science* (2023).

Por meio da elaboração de um mapa com os países que mais contribuíram com pesquisas do tema (Figura 04), observou-se que os cinco países com maior número de documentos foram o Brasil (24 documentos), a Índia (22 documentos), a Malásia (9 documentos), o Egito (7 documentos) e o Paquistão (7 documentos), sendo que o Brasil e Índia somados representam mais de 35% do número de participações. Isto pode ser associado ao fato de ambos os países terem a agricultura como pilares de suas respectivas economias, havendo desta forma a busca por alternativas de aproveitamento tecnológico de resíduos agroindustriais. Portanto, embora o Brasil não seja o país que mais investe na produção de pectinases, a disponibilidade de matérias-primas e o interesse em aproveitá-las de forma sustentável tem impulsionado a pesquisa e a aplicação dessa enzima no país (ANSILIERO et al., 2021).

**Figura 4:** Mapa de países com maiores frequências de publicação sobre o tema entre os anos de 2013 a 2022.



**Fonte:** Mapchart (2023).

Adicionalmente, durante a análise específica do uso da casca de laranja como substrato de fermentação, ao examinar os títulos e resumos dos trabalhos observou-se que 18 publicações (aproximadamente 17% do total) abordaram diretamente o reuso desse resíduo para a produção de pectinases. Esta representatividade evidencia o interesse crescente nesse tema, especialmente considerando que 10 dessas publicações surgiram a partir de 2020, indicando uma tendência recente de estudos nessa área. Além da casca de laranja, foram identificados outros 31 documentos que exploraram o uso de diferentes resíduos agroindustriais como substrato para a produção de pectinases. Entre eles, destacam-se o farelo de trigo, resíduo de manga, resíduo de banana, cereja de café, resíduo de beterraba e bagaço de uva, ampliando ainda mais as possibilidades de aproveitamento desses materiais na produção de enzimas pectinolíticas.

As redes bibliométricas de co-autoria são úteis para entender as dinâmicas de colaboração na área estudada e para identificar possíveis redes de colaboração entre autores. Para este parâmetro foi estabelecido um limite para que cada autor tivesse no mínimo 3 publicações para obter uma rede relevante de autores. Desta maneira, foi possível observar que existem cinco *clusters* de autores com grande número de colaborações (Quadro 02), com o Brasil com dois desses *clusters* e liderando este parâmetro.

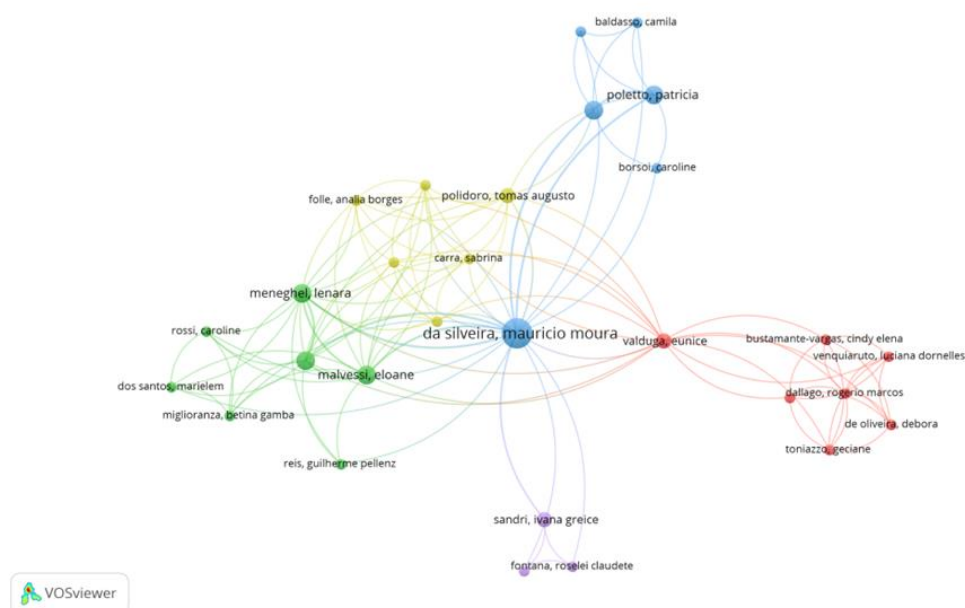
**Quadro 02:** Cinco maiores *clusters* de co-autoria.

Representante	Número de conexões do representante	País	Área de estudo do representante
Maurício Moura da Silveira	22	Brasil	Bioprocessos e bioengenharia
Wensheng Qin	15	Canadá/China	Enzimas microbiológicas e biocombustíveis
Canan Tati	14	Turquia	Fermentação para produção de enzimas
Alessandra Biz	12	Canadá/Brasil	Bioengenharia
Mark Arentshorst	10	Holanda	Fungos filamentosos, microbiologia, e biotecnologia

Fonte: Adaptado de VOSviewer (2023).

Além disso, foi possível verificar a ausência de conexões entre autores de países diferentes na rede de colaboração analisada (Figura 05). Ao invés disso, identificou-se apenas uma rede de colaborações entre *clusters* brasileiros, o que indica uma intensa colaboração interna entre pesquisadores brasileiros na área estudada. É importante destacar que a falta de conexões com autores de outros países pode sugerir uma limitação na internacionalização das pesquisas relacionadas ao tema de interesse, bem como possíveis oportunidades para estabelecimento de parcerias e colaborações internacionais.

**Figura 05:** Redes de colaboração de grupos de autores nos documentos analisados.



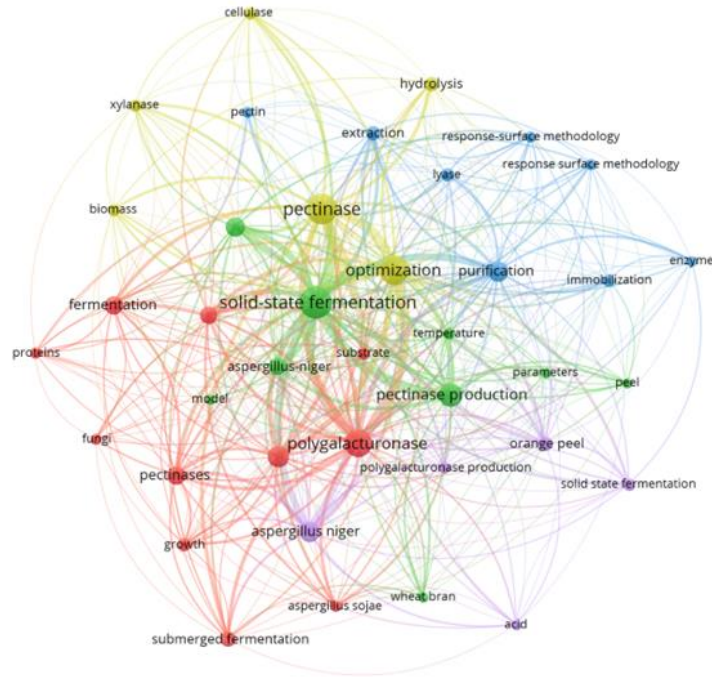
Fonte: VOSviewer, elaborada pelo autor (2023).

Para identificar as instituições que mais produzem documentos sobre o tema analisado, foi considerado um limite de no mínimo duas publicações para criação da rede de conexões, resultando num grupo de 27 universidades. Dessa forma, o *National Research Centre* - uma das maiores instituições de pesquisa egípcia - teve o maior número de publicações (6), a maioria destas sendo de 2017. A indústria agroalimentar e de bebidas é significativa no Egito, semelhante ao cenário brasileiro. A utilização de enzimas como a pectinase é uma estratégia eficaz para aprimorar a qualidade e o rendimento desses produtos, o que pode explicar a relevância crescente de estudos nessa área no país.

Além disso, foi observada uma pequena rede de colaboração entre três universidades: *North Carolina Agricultural and Technical State University* (Estados Unidos), *National Research Centre* (Egito) e *Ain Shams University* (Egito) (Dados não mostrados). Essas colaborações podem ser atribuídas à organização americana *America-Mideast Educational and Training Services* (AMIDEAST) que trabalha para fortalecer o entendimento mútuo e a cooperação entre os americanos e os povos do Oriente Médio e Norte da África e para oferecer oportunidades de aprendizado e treinamento.

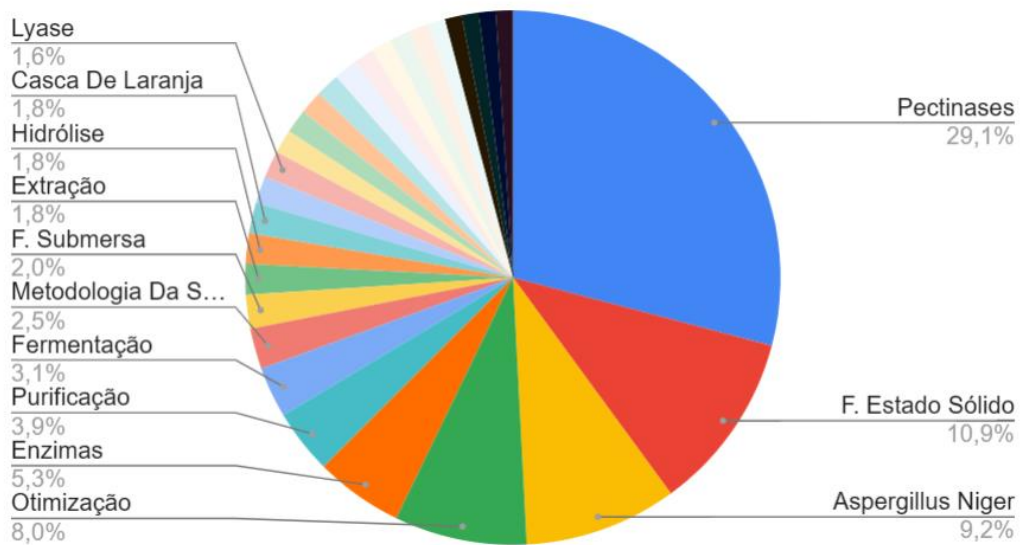
Por fim, as redes de co-ocorrência de palavras-chave são frequentemente utilizadas para identificar quais os principais temas abordados em um conjunto de documentos ou artigos científicos. Para a criação da rede no estudo bibliométrico, foram consideradas apenas as palavras que apareciam no mínimo cinco vezes para obtenção dos termos principais. As palavras-chave de maior relevância sobre a temática estudada (Figura 06) foram “*pectinases*” (142 ocorrências), “*solid-state fermentation*” (53 ocorrências) e “*aspergillus niger*” (45 ocorrências). A frequência de aparição das palavras na análise de co-ocorrência (Figura 07) sugere que a filtragem dos termos de busca no *Web of Science* foi suficientemente específica para delimitar o universo dos documentos identificados, já que todas as palavras encontradas fazem parte da produção de pectinases por fermentação utilizando fungos *Aspergillus*.

**Figura 06:** Palavras-chave de maior frequência.



**Fonte:** VOSviewer, elaborada pelo autor (2023).

**Figura 07:** Porcentagem de aparição de cada palavra.



**Fonte:** Adaptado de Web of Science (2023).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a análise bibliométrica revela informações preciosas acerca da produção de pectinases, enfatizando sua importância e a diversidade de suas aplicações nos setores industriais. Contudo, é evidente a escassez de estudos específicos sobre a produção dessas enzimas a partir de subprodutos agroindustriais, como a casca de laranja.

Apesar dessa lacuna na literatura, constata-se um aumento significativo da demanda por pesquisas nessa área no Brasil, indicando a necessidade de explorar alternativas mais sustentáveis para a gestão dos resíduos agroindustriais e otimizar a utilização dos recursos disponíveis. Esse crescimento estimula os pesquisadores a desenvolverem novas estratégias de produção de pectinases, explorando fontes de matéria-prima alternativas e maximizando seu potencial de aplicação.

Portanto, é crucial continuar investindo em pesquisas e estudos direcionados à produção de pectinases, a fim de preencher o espaço existente na literatura e atender à crescente demanda por soluções mais sustentáveis. Ao explorar fontes alternativas de matéria-prima e desenvolver novas estratégias de produção, podemos aprimorar a eficiência na produção de pectinases e impulsionar sua utilização em uma diversidade de aplicações industriais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. L.; PEREIRA, L. F. S.; SILVA, F. M.; NOGUEIRA, A. F. G.; SANTOS, J. C. P.; SILVA, C. M.; M'BATNA, A. J. Aproveitamento, Características Fitoquímicas e Atividades Biológicas da Casca do Maracujá Amarelo (*Passiflora Edulis* F. *Flavicarpa* Degener): Uma Revisão Bibliográfica. In: AMARAL, J. F. (Org.). **Abordagens Interdisciplinares Sobre Plantas Medicinais e Fitoterapia: Saúde, Sustentabilidade e Biodiversidade**. 1ª ed. São Paulo: Editora Científica Digital, 2022. p. 118-128.

ALVES, R. O.; DE OLIVEIRA, R. L.; SANTOS, A. F. de M. S.; PORTO, T. S. Produção de celulases por *Aspergillus japonicus* URM5620 e *Aspergillus niger* URM5741 por diferentes processos fermentativos utilizando bagaço de cana-de-açúcar como substrato. **Revista Geama**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 44–50, 2020.

AMIN, F.; BHATTI, H.N. ; BILAL, Muhammad. Recent advances in the production strategies of microbial pectinases—A review. **International journal of biological macromolecules**, v. 122, p. 1017-1026, 2019.

ANSILIERO, R.; CANDIAGO, N. T.; COMUNELLO, H. H.; MORAES, J. D.; SIMON, G.; SOUZA, E. L. de. Alternativas para Aproveitamento de Resíduos de Frutas – Uma Revisão. **Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira**, [S. l.], v. 5, p. e24976, 2020.

- Canal Agro. Origem da laranja. Estadão, São Paulo/SP. CANTERI, M. H., MORENO, L., WOSIACKI, G., & SCHEER, A. D. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. **Polímeros**, v. 22, p. 149-157, 2012. DOI: 10.1590/S0104-14282012005000024.
- CAVALCANTE, P. A. W.; COÊLHO, D. F.; SILVA, C. F.; ABUD, A. K. de S.; SOUZA, R. R. Utilização de resíduos lignocelulósicos na produção de celulases por *Aspergillus niger* em fermentação em estado sólido. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 14, n. 6, 2018. DOI: 10.14808/sci.plena.2018.064203.
- CRUZ, V. A. **Efeito de bebidas enriquecidas com frutooligosacarídeos (FOS), produzidos pela linhagem *Aspergillus japonicus*-119, no trato intestinal de ratos Wistar**. 2011. 87 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2011.
- DA COSTA, L. F. F.; DOS SANTOS, M. G.; MAFFESSIONI, D. Avaliação do potencial de produção de pectinase a partir do resíduo da casca da maçã por fermentação de estado sólido / Evaluation of pectinase production potential from apple hand residue by solid state fermentation. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 27797–27811, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n3-472.
- DA SILVA, C. C.; MENEZES, B. dos S.; LEITE, J. G. B. S.; DE ASSIS, F. G. do V.; LEAL, P. L. Utilização do bagaço de malte da indústria cervejeira como substrato para produção de pectinase por cogumelos / Utilization of beer spent grain from the brewing industry as substrate for mushroom pectinase production. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 4, n. 4, p. 5042–5060, 2021. DOI: 10.34188/bjaerv4n4-017.
- DE HOLANDA, M. C. **Produção e caracterização parcial de pectinases de *Aspergillus Niger* por fermentação em Estado sólido da palma forrageira e da casca do maracujá**. 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.
- DE SOUZA, G. S., KAEFER, G. G., IMBES, J. M., RISSI, J., & TRENTIN, R. F. **Revisão bibliográfica sobre o aproveitamento integral da laranja**. 34 f. TCC (Curso Técnico em Alimentos) – Instituto Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2021.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Produção brasileira de maracujá em 2021**. Embrapa, Ministério da Agricultura e Pecuária.
- HAILE, S. Pectinase from microorganisms and its industrial applications. **The Scientific World Journal**, v. 2022, 2022.
- HUANG, D., SONG, Y., LIU, Y., & QIN, Y. A new strain of *Aspergillus tubingensis* for high-activity pectinase production. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 50, p. 53-65, 2019.
- JOHN, J. Advances in upstream and downstream strategies of pectinase bioprocessing: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 162, p. 1086-1099, 2020.
- KASHYAP, D. R. et al. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Bioresource technology**, v. 77, n. 3, p. 215-227, 2001.
- MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cienciometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, n. 2, v. 27, 1998.

- MELO, N. E. T. **Desenvolvimento e aplicações de pectinases como "ferramentas" biotecnológicas**. 2021. 32 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.
- OMEJE, K. O.; NNOLIM, N. E.; EZEMA, B. O.; OZIOKO, J. N.; EZE, S. O. O. Synthetic dyes decolorization potential of agroindustrial waste-derived thermo-active laccase from *Aspergillus* species. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. v. 29, p. 101800, 2020. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101800.
- PIRES-CABRAL, P.; DA FONSECA, M. M. R.; FERREIRA-DIAS, S. Esterification activity and operational stability of *Candida rugosa* lipase immobilized in polyurethane foams in the production of ethyl butyrate. **Biochemical Engineering Journal**, v. 48, n. 2, p. 246-252, 2010.
- RÊGO, A. P. B., CUNHA, J. R. B., SANTOS, R. S., DE ASSIS, F. G. D. V., & LEAL, P. L. Produção de enzimas CMCase e pectinase por processo fermentativo utilizando casca de café suplementada com manipueira como substrato. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 8, n. 1, 2019.
- RIGO, D.; GAYESKI, L.; TRES, G. A.; CAMERA, F. D.; ZENI, J.; VALDUGA, E.; CANSIAN, R. L.; BACKES, G. T. Produção Microbiológica de Enzimas: uma Revisão/Microbiological Production of Enzymes: a Review. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 9232–9254, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n1-624.
- ROMBOUTS, F. M.; PILNIK, W. Pectinases and other cell-wall degrading enzymes of industrial importance. **Symbiosis**, 1986.
- SANTI, L.; BERGER, M.; DA SILVA, W. O. B. Pectinases e pectina: aplicação comercial e potencial biotecnológico. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 11, n. 1, 2014.
- SANTOS, A. F. A. dos; ANDRADE, V. D. de; CARDOSO, B. A.; SILVA, O. S. da; OLIVEIRA, R. L. de; PORTO, A. L. F.; PORTO, T. S.; PORTO, C. S. Bioprospecção de enzimas produzidas por *Aspergillus tamarii* URM 4634, isolado do solo da Caatinga, por fermentação em estado sólido / Bioprospecting of enzymes produced by *Aspergillus tamarii* URM 4634, isolated from Caatinga soil, by solid state fermentation. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 25663–25676, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n5-135..
- SANTOS, P. S. D., SOLIDADE, L. S., SOUZA, J. G. B., SAMPAIO, G., BRAGA JR, A. C. R., ASSIS, F. G. D. V. D., LEAL, P. L. Fermentação em estado sólido em resíduos agroindustriais para a produção de enzimas: uma revisão sistemática. **The Journal of Engineering and Exact Sciences – JCEC**, 2018.
- VIDAL, M. F. Citricultura: Laranja. **Caderno Setorial ETENE**, v. 7, n. 241, 2022.
- YANG, C., WANG, J., CHIO, C., CHEN, X., ZHANG, L., ZHANG, J., QIN, W. Low-cost recycling production of pectinase to increase the yield and quality of Muzao jujube juice by *Aspergillus niger*. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 14, n. 2, p. 104-116, 2020. DOI: 10.1002/bbb.2053.
- YÜCEL, Y. Lipase immobilization and production of fatty acid methyl esters from canola oil using immobilized lipase. **Biomass and Bioenergy**, v. 35, n. 4, p. 1496-1501, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.018>



ZAVARISE, J. P.; PINOTTI, L. M. Advances in biochemical characterization of microbial lipases: a review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 4, p. e104942897, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i4.2897.