



Monitoramento tecnológico da aplicação de enzimas celulolíticas: panorama mundial e brasileiro

Technological monitoring of cellulolytic enzyme application: world and brazilian panorama

Wanessa Braz da Silva¹, Rodrigo Lira de Oliveira¹, Tatiana Souza Porto²

¹ Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, Garanhuns, Pernambuco, Brasil

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

Contato: tatiana.porto@ufrpe.br

Palavras-Chave

celulases
pesquisa de patentes
prospecção tecnológica
propriedade intelectual

Key-word

cellulases
patent survey
technological prospecting
intellectual property

RESUMO

As celulases são enzimas capazes de atuar sobre materiais celulósicos, promovendo sua hidrólise. Estas enzimas apresentam importância na pesquisa a nível acadêmico e industrial devido às suas aplicações que contribuem em vários processos industriais, como nas indústrias de papel e celulose, na produção de bioetanol, na indústria de alimentos, gestão de resíduos, entre outros. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a realização de um monitoramento tecnológico de patentes sobre aplicações das celulases. Após a coleta de informações nas bases de dados (Lens, Derwent Innovation Index, Espacenet, Patentscope, USPTO e INPI), observou-se que o Derwent apresentou um resultado mais amplo de registro de patentes. A maioria das patentes foi agrupada na área de conhecimento química e entre os depositantes, a empresa Novozymes apresentou a maior quantidade de documentos. Ao avaliar o cenário nacional, verificou-se que a maioria das patentes depositadas no INPI são de depositantes estrangeiros e em termos institucionais, a grande maioria das patentes é proveniente de instituições privadas. Havendo uma necessidade de maior investimento em pesquisa nas universidades e institutos de pesquisa governamentais objetivando fomentar a inovação em aplicações industriais de enzimas, especialmente celulases, que é uma área de grande importância econômica.

ABSTRACT

Cellulases are enzymes capable of acting on cellulosic materials, promoting their hydrolysis. These enzymes are important in research at the academic and industrial level due to their applications that contribute to various industrial processes, such as in the paper and cellulose industries, in the production of bioethanol, in the food industry, and waste management, among others. In this way, the present work aimed the accomplishment of a technological monitoring of patents on applications of cellulases. After collecting information in the databases (Lens, Derwent Innovation Index, Espacenet, Patentscope, USPTO and INPI), it was observed that Derwent presented a wider result of patent registration. Most of the patents were grouped in chemical knowledge area and among the depositors, the Novozymes company presented the largest number of documents. When assessing the national scenario, it was found that most patents deposited at the INPI are foreign depositors and in institutional terms, most patents come from private institutions. There is a need for greater investment in research in universities and government research institutes aiming to foster innovation in industrial applications of enzymes, especially cellulases, which is an area of great economic importance.

Informações do artigo

Recebido: 05 de maio, 2021

Aceito: 11 de agosto, 2021

Publicado: 31 de agosto, 2021

Introdução

Celulases compreendem um grupo de enzimas que atuam sinergicamente e são essenciais na hidrólise eficiente da celulose em oligossacarídeos solúveis. O complexo de celulases compreende três enzimas principais, endoglucanase (EC 3.2.1.4), exoglucanase (EC 3.2.1.91) e β -glucosidase (EC 3.2.1.21). As enzimas celulolíticas podem ser obtidas de diferentes fontes e exibem características distintas, uma vez que exibem pH ótimo específico, solubilidade dependendo da composição de aminoácidos (IDRIS et al., 2017; SULYMAN et al. 2020). A produção de celulases é preferencialmente realizada por via microbiana através de fungos e leveduras, sendo os fungos filamentosos os principais produtores, especialmente pelos gêneros *Aspergillus* e *Trichoderma* (BEHERA et al., 2017).

As enzimas celulolíticas possuem grande importância biotecnológica, contribuindo com aproximadamente 20% do mercado global de enzimas. Correspondem a terceira classe de enzimas industriais mais vendidas em todo o mundo, bem como se prevê que se torne a enzima industrial de maior volume. Apresentam uma ampla gama de aplicações nas indústrias de produção de biocombustíveis assim como no processamento de amido, produção de ração animal, fermentação de álcool de grãos, malte e fabricação de cerveja, extração de sucos de frutas, vegetais e polpa, e na indústria têxtil (SRIVASTAVA, 2018; VERMA; KUMAR; BANSAL; 2018; SULYMAN et al., 2020). Em virtude da vasta aplicabilidade industrial, os últimos anos têm sido marcados por um aumento na demanda do mercado, o que potencializou a busca por micro-organismos produtores de enzimas celulolíticas e por uma melhor compreensão de seus mecanismos (BANOTH et al., 2020; OKAL et al., 2020).

Os resíduos gerados nas áreas municipal, florestal, agrícola e industrial geram um grande impacto ambiental. Estes, geralmente são oriundos das residências, de escritórios, comércios, lojas e varejistas e são um dos problemas mais significativos em todo o mundo, no que diz respeito à coleta, armazenamento, transporte e descarte. Os excedentes agrícolas incluem restos da colheita, processamento de resíduos e sobras de frutas e vegetais (PRASAD et al., 2020; YAASHIKAA et al., 2020).

O desperdício desse componente rico em celulose pode ser convertido em produtos de valor agregado com a ajuda da celulase como: bioetanol, ração animal, produtos de compostagem, ácidos orgânicos, compostos bioativos, entre outros. A conversão de resíduos em produtos de alto valor agregado proporciona diminuição do seu volume e efeito no meio ambiente, junto com a produção alternativa de energia que reduz a dependência de fontes fósseis.

O biorrefinamento de biomassa lignocelulósica em etanol de segunda geração (2G) e produtos de alto valor agregado não está apenas relacionado à prevenção da poluição, mas também oferece desenvolvimento sustentável (KHAN et al., 2016, DAR et al., 2018; SINGH et al., 2021).

O processo de produção de etanol 2G consiste em uma alternativa viável para substituição de fontes não-renováveis. Em linhas gerais, pode ser resumido na hidrólise da celulose e hemicelulose (polissacarídeos existentes na biomassa lignocelulósica) por meio da atividade enzimática de celulases, gerando assim açúcares como bioproduto final que posteriormente serão fermentados por leveduras produzindo etanol.

A rota enzimática para a produção de etanol 2G é a menos agressiva ao meio ambiente, pois gera poucos compostos químicos a serem tratados (LUCARINI et al., 2017).

Um dos biocombustíveis que se integra prontamente às infraestruturas das indústrias e residências é o biogás. Este é produzido naturalmente pela decomposição da biomassa em ambiente anaeróbico e envolve as mesmas etapas da produção de etanol. O grande desafio do uso da enzima celulase no processo de conversão de biomassa lignocelulósica em biocombustíveis é o custo, podendo variar entre 0,1 e 0,69 US\$/galão de etanol, podendo chegar a 1,47 US\$/galão de etanol (LIU, ZHANG E BAO, 2016).

Existem muitos caminhos pelos quais a questão econômica pode ser resolvida, como otimização das condições de crescimento do micro-organismo para a produção enzimática, utilização da enzima bruta, estratégias como evolução adaptativa, mutação e engenharia genética para produção de micro-organismo produtor de hipercelulase, reutilização de enzimas, imobilização de enzimas, entre outros (MENDES; ATALA; THOMÉO, 2017; ANTAYOTAI et al., 2017; SINGH, 2021).

A imobilização enzimática impacta no custo do processo, uma vez que permite que o biocatalisador seja reutilizado sucessivamente e continuamente (SHELDON; VAN PELT, 2013). De modo que, se o processo de imobilização for economicamente viável, o custo do processo será reduzido. Além disso, os processos de imobilização podem conferir melhoria na estabilidade das enzimas frente as condições do meio reacional. Uma vez que, em processos industriais, as reações enzimáticas são geralmente realizadas em condições de alta temperatura que podem levar a alterações na estrutura natural da celulase (KHOSHNEVISAN et al. 2019).

As enzimas celulolíticas apresentam aplicação no setor de alimentação animal direcionado a aves, porcos, ruminantes, animais de estimação e piscicultura. Há um grande interesse na utilização de compostos enzimáticos com altos níveis de celulases e hemicelulases com o intuito de melhorar a produção de leite e o ganho de peso de ruminantes. Essas enzimas são responsáveis por hidrolisar parcialmente materiais lignocelulósicos, atuam no descascamento grãos de cereais, além de aprimorar a capacidade emulsificante e flexibilidade de materiais destinados a alimentação que resultam em melhorias da qualidade nutricional da ração.

As pectinases, juntamente com as celulases e hemicelulases podem realizar a hidrólise parcial da parede celular da planta durante a preservação da silagem e forragem (alimento dado ao animal), sendo responsáveis

por expressão de preferência de genes em ruminantes e animais monogástricos para uma alta eficiência na conversão alimentar que garantem uma boa produtividade animal (KARMAKAR; RAY, 2011).

Na indústria de alimentos, a enzima celulase desempenha um papel significativo na biotecnologia alimentar em combinação com a pectinase e xilanase, conhecidos como coquetéis enzimáticos. Estes reduzem o tempo de processamento, atuam na extração e clarificação de suco de frutas e vegetais, diminuem a viscosidade em sucos, aumenta as características voláteis, melhora a propriedade do produto e desempenho do processo. Além disso, o processo de extração do azeite pode ser melhorado com o uso de celulase que proporciona aumento no conteúdo de antioxidantes, retardando o processo de rancificação, melhorando o rendimento e a qualidade do produto (JUTURU; WU, 2014; TOUSHIK et al., 2017).

O potencial das celulases também tem sido observado em outros processos industriais, como amaciante de algodão e acabamento denim na indústria têxtil, bem como para aumentar a qualidade do tecido por meio da modificação controlada das fibras celulósicas por biotônica de roupas jeans, biopolimento de tecidos não-denim, desfibrilação de tecidos contendo liocel (fibra artificial extraída da celulose) e bioacabamento, na destintagem, na melhoria de drenagem e modificação de fibras nas indústrias de papel e celulose, bem como em detergentes para lavanderia como amaciantes e agentes de revitalização da cor (KARMAKAR; RAY, 2011; LADEIRA et al., 2015).

Os avanços nas pesquisas sobre as enzimas celulolíticas ocorrem em diversas áreas do conhecimento. Ao longo dos anos, e até os dias de hoje, contribuições científicas vêm sendo geradas continuamente, no que tange ao isolamento de micro-organismos produtores de celulases, ao aumento da expressão de celulases por mutações gênicas, à purificação e caracterização de componentes deste complexo enzimático, à clonagem e expressão de genes, à determinação de estruturas tridimensionais das celulases e à demonstração do potencial industrial. Assim, os estudos prospectivos constituem uma forma útil de identificar o avanço na busca de novas tecnologias referentes as celulases (CASTRO; JÚNIOR, 2010).

A prospecção tecnológica tem como objetivo minimizar as incertezas e os riscos no futuro, sendo uma ferramenta analítica que lida com o cenário de constantes transformações nos âmbitos social, econômico e ambiental, além da rápida evolução do conhecimento e assim, colaboram para um entendimento do que é preciso ser feito no presente para orientar a escolha das melhores oportunidades futuras (LOPES, SANTOS, COSTA, 2017). Uma das abordagens utilizadas para esta finalidade é o monitoramento tecnológico, que consiste na coleta, análise e validação de informação relacionado aos desenvolvimentos científicos e tecnológicos numa determinada área de interesse.

Esses estudos fornecem embasamento para os tomadores de decisão formularem as estratégias de inovação, além de auxiliar no mapeamento de desenvolvimentos científicos e tecnológicos, a visualizar as tendências de mercado, indicando os concorrentes, o

que facilita a tomada de decisão (DEORSOLA et al., 2014; PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

As principais fontes de dados para a realização do monitoramento são os documentos de patentes, uma vez que cerca de 2/3 da informação tecnológica está disponibilizada somente em documentos de patentes. As patentes são a principal forma dos inventores protegerem sua propriedade intelectual. Estas se destacam como uma fonte primária de informação tecnológica, com acesso mais rápido do conhecimento das tecnologias e inovações fundamentais para a indústria, a partir da descrição do invento.

As informações presentes em patentes podem ser empregadas em diversas finalidades, como identificação de conhecimento associada a um determinado domínio tecnológico, verificação da patenteabilidade de uma nova invenção, identificação de profissionais capacitados em determinada tecnologia, busca de tecnologias específicas para aquisição ou identificação de empresas interessadas em adquirir certa tecnologia, entre outras (MARQUES et al., 2014; WEI et al., 2019; PIRES; RIBEIRO; QUINTELLA, 2020).

Ao contrário das informações encontradas em livros e artigos, a patente apresenta uma fonte de informação mais formal, formada por dados técnicos e jurídicos de invenção. Assim, é fundamental que os pesquisadores utilizem as informações presentes em documentos de patentes, caso contrário, desperdiçam uma importante fonte de informação sobre o desenvolvimento tecnológico de determinado setor, por se constituírem como a principal fonte de conhecimento técnico existente (MARQUES et al., 2016).

Documentos de patentes fornecem uma fonte importante para, por exemplo, quais países, institutos e empresas estão investindo em diferentes tecnologias e em que medida. As informações contidas nos pedidos de patentes permitem avaliações aprofundadas das políticas nacionais e permitem a análise de ciclos de vida tecnológica. Além disso, patentes podem influenciar fortemente decisões sobre investimentos em centros de pesquisa e instituições sem fins lucrativos de tecnologia a fim de garantir liderança de mercado e crescimento econômico (CHANCHETTI et al., 2016; BAUMANN et al., 2021). A Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO) declara que mais de 90% dos resultados de P&D comercialmente viáveis do mundo são representados por patentes globais e estima que o tempo e o custo de P&D podem ser reduzidos em aproximadamente 40% se os pesquisadores analisarem adequadamente os registros de patentes de estudos anteriores (TRAPPEY, 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o perfil das publicações e dos pedidos de patentes depositadas em bancos de patente internacional e nacional envolvendo enzimas celulolíticas, identificando os principais inventores, país de origem, principais classificações internacionais de patentes (International Patent Classification, IPC) quantidade de publicações por ano, tipo de documento com o intuito de analisar o cenário da inovação tecnológica e propriedade intelectual envolvendo celulases.

Material e Métodos

Monitoramento tecnológico

A pesquisa de patentes foi realizada nas bases de dados: Derwent, Espacenet, INPI, Lens, Patentscope e USPTO entre 10 e 15 de março de 2021. Para a realização das buscas sobre celulases, foram utilizados procedimentos metodológicos descritos nos tópicos posteriores.

Derwent Innovations Index

O Derwent Innovations Index (DII) é uma ferramenta de pesquisa que fornece acesso a mais de 30 milhões de invenções descritas em mais de 65 milhões de documentos de patentes. Este banco de dados permite a busca de patentes a todos os níveis de uma organização por meio de pesquisas simples. A cobertura inclui registros de patentes de *Derwent World Patents Index* e informações de citação de patentes de *Derwent Patents Citation Index*. No Brasil, o Derwent possui acesso livre através de universidades, institutos federais e P&D, pelo portal da CAPES. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ez19.periodicos.capes.gov.br/index.php?>
- Na página inicial: Buscar → Buscar base → Digite “Web of Science” → Clique em “Derwent Innovations Index - DII (Web of Science/Clarivate Analytics)”.
- Pesquisa básica: Tópico: “cellulase OU cellulases”.
- Entre em “Pesquisar”.

Espacenet

O Espacenet foi lançado em 1998 e é disponibilizado pelo Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office, EPO), junto com a Comissão Europeia e vários escritórios nacionais e regionais de patentes. Trata-se de uma plataforma online, acessível para iniciantes e especialistas e que é atualizada diariamente. Contém dados sobre mais de 120 milhões de documentos de patentes em todo o mundo, desde 1782 até hoje. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://worldwide.espacenet.com/>.
- Na página inicial: Acesso rápido → Espacenet clássico
- Ir em “Busca avançada”.
- No campo “Escolha a coleção que deseja pesquisar”, selecione “No mundo todo- coleção de pedidos publicados de mais de 100 países”.
- Item “Título ou resumo” preenchido com “Cellulases”.
- Clique em “Procurar”.

INPI

O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) foi criado em 1970 e é o órgão regulamentador responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos sobre uma invenção tecnológica, uma marca ou modelo industrial, entre outros, para a indústria. Seus serviços compreendem o registro e concessão de marcas, patentes, desenho industrial, transferência de tecnologia, indicação geográfica, programa de computador e topografia de circuitos integrados. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://www.gov.br/inpi/pt-br>.
- Na página principal: clique em Patentes → Busca → Continuar.
- Acesse “Patentes”.
- Na pesquisa básica: selecione “todas as palavras” → (“celulase ou cellulases ou enzimas celulolíticas ou enzimas do complexo celulolítico no título” ou “celulase ou cellulases ou enzimas celulolíticas ou enzimas do complexo celulolítico no resumo”).
- Entre em “Pesquisar”.

Lens

O Lens é uma plataforma que foi lançada nos anos 2000 como uma iniciativa da Cambia, organização não governamental sediada em Camberra, Austrália, em parceria com a Queensland University of Technology. Os dados de patentes são oriundos do Escritório Europeu de Patentes, do Escritório Americano de Patentes, do Escritório Australiano de Patentes e dos documentos relacionados ao Tratado de Cooperação em termos de Patentes da WIPO, com informações bibliográficas a partir de 1907. Esse banco de dados possui mais de 127 milhões de registros de patentes de 105 jurisdições e 70,1 de famílias de patentes até o começo do primeiro semestre de 2021. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://www.lens.org/>.
- Na página inicial: Patentes → Pesquisa estruturada de patentes.
- Campo de pesquisa: Título (cellulase OU cellulases) OU Resumo (cellulase OU cellulases).
- Entre em “Pesquisar”.

Patentscope

O Patentscope é a base de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI ou WIPO em inglês). Ela proporciona acesso de forma gratuita a documentos de vários países, incluindo os depósitos via PCT (Tratado de Cooperação em matéria de Patentes). Permite fazer pesquisas em 93 milhões de documentos de patentes, além de 4,0 milhões de pedidos de patentes internacionais (PCT) que são publicados desde 1978. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://www.wipo.int/portal/en/>.
- Na página inicial: Recursos → Base de dados IP (PATENTSCOPE) → Clique em “Acesse a base de dados PATENTSCOPE”.
- Pesquisa simples: Campo “página de cobertura” → Termo pesquisado “FP:((FP:(EN_TI:("CELLULASE*" or "CELLULASES*") OR EN_AB:("CELLULASE*" or "CELLULASES*"))))”.
- Entre em “Pesquisar”.

USPTO

O *United States Patent and Trademark Office* é o escritório americano que concede patentes para a proteção de invenções e registra marcas. Possui uma das mais completas bases, com busca altamente refinada. As patentes referentes aos anos de 1790 a 1975 apresentam informações restritas e a partir de 1976 está disponível o texto completo das patentes. A metodologia utilizada compreende as etapas a seguir.

- Acesse: <https://www.uspto.gov/>.
- Na página inicial: Encontre rápido → Patentes → Clique em “PatFT”.
- Campo de pesquisa preenchido com: Termo 1 (cellulase OU cellulases) no campo 1 (Título) e Termo 2 (cellulase OU cellulases) no campo 2 (Resumo).
- Selecione anos: “1976 para exibir [texto completo]”.
- Entre em “Pesquisar”.

Análise de dados

A partir das bases de dados selecionadas, a primeira etapa do estudo consistiu em identificar qual plataforma apresenta um banco de dados mais abrangente quanto ao número de invenções de patentes envolvendo celulases. Em seguida as patentes selecionadas da base de dados mais completa determinada na etapa anterior, tiveram a análise dos seguintes dados: Frequência de publicação de documentos e pedidos de patentes ao longo dos anos, status de depósito, país de prioridade, organizações requerentes e status do exame e Classificação Internacional de Patentes (IPC).

Os resultados foram apresentados na forma de gráficos, permitindo conhecer a distribuição temporal dos depósitos, o número de registros relacionados a utilização de celulases, a distribuição dos depósitos entre os países depositantes, quais instituições de pesquisa, indivíduos e empresas privadas que são detentoras tecnologia e a quantidade de documentos dispostos, entre outras informações. Para a análise das patentes depositadas no Brasil, utilizou-se a metodologia descrita anteriormente do INPI, com o objetivo de verificar o desenvolvimento de propriedade intelectual nacional. Os resultados foram apresentados conforme descrito no item anterior.

Resultados e Discussões

Panorama global dos registros de patentes sobre as celulases

Após a coleta das patentes relacionadas as enzimas celulolíticas nas bases de dados, foi possível estabelecer a quantidade de documentos em cada plataforma (Tabela 1). Através dessa pesquisa, observou-se que o banco de dados Derwent apresentou um quantitativo maior de patentes depositadas (30099 patentes), seguido das outras bases com diminuição percentual em relação ao Derwent, sendo Lens (60,65%), Patentscope (39,13%), Espacenet (3,76%), USPTO (2,52%) e INPI (0,86%).

Tabela 1. Quantidade de patentes encontradas nas bases de dados estudadas

Base de dados	Número de patentes
Derwent	30099
Lens	18255
Patentscope	11778
Espacenet	1131
USPTO	759
INPI	289

Documentos acessados em todos os anos disponíveis em cada base de dados. Acesso entre 10 e 15/03/2021.

Fonte: Autor (2021)

Assim, por apresentar um resultado mais amplo de patentes depositadas, a base de dados Derwent foi selecionada para o estudo do monitoramento tecnológico sobre as celulases, sendo realizadas análises quanto as áreas de conhecimento, depositantes e classificação IPC. A Tabela 2 apresenta o resultado de patentes depositadas de acordo com a classificação por área de conhecimento. A pesquisa mostrou um total de 27 áreas de estudo. Entre as 10 temáticas apresentadas, a área da química demonstrou um resultado significativo entre as demais (98,82%), seguido de microbiologia aplicada em biotecnologia (82,35%).

Tabela 2. Classificação das patentes envolvendo enzimas celulolíticas por áreas de estudo (Critério “Top 10”)

Áreas	Contagem de registros	%
Química	29743	98,82
Microbiologia aplicada em biotecnologia	24787	82,35
Tecnologia de Ciências de Alimentos	13119	43,59
Farmácia e farmacologia	10488	34,84
Ciência do polímero	9018	29,96
Agricultura	5453	18,12
Instrumentos e instrumentação	2950	9,80
Engenharia	2932	9,74
Ciência dos materiais	2714	9,02
Combustíveis energéticos	868	2,88

Dados obtidos por busca direta na base de dados Derwent Innovation Index. Acesso entre 10 e 15/03/2021.

Fonte: Autor (2021)

As demais áreas representam de 2,88-43,59% do total das patentes. É importante ressaltar que uma única patente pode estar classificada em mais de uma área de conhecimento. As patentes também foram analisadas de acordo com os depositantes. A Tabela 3 mostra que a empresa Novozymes A/S é a maior depositante, sendo responsável por 541 patentes.

Entre as 10 depositantes, a Universidade de Jiangnan (China) é o único órgão institucional dentre as demais empresas, ocupando a 10ª posição e sendo responsável por 0,38% do total de registros. Sendo a China o país com o maior número de depósitos de patente (27,0%), conforme pode ser observado na Figura 1, gerado a partir da plataforma Lens, em seguida vem os EUA (17,85%) e as patentes internacionais obtidas diretamente junto ao WIPO correspondem a 11,30% do total.

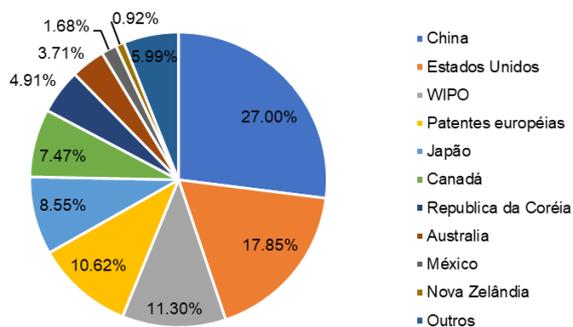
Tabela 3. Classificação por depositantes (Critério “Top 10”)

Depositante	Contagem de registros	%
Novozymes A/S	541	1,80
Procter Gamble Co	442	1,47
Danisco US Inc	294	0,98
Kao Corp	246	0,82
Henkel Ag Co Kga	173	0,58
Genencor Int Inc	149	0,50
Danisco US Inc Genecor Div	145	0,48
Novo Nordisk A/S	142	0,47
Wuhu Sanshan Green Food Ind Assoc	128	0,42
Univ Jiangnan	116	0,38

Dados obtidos por busca direta na base de dados Derwent Innovation Index. Acesso entre 10 e 15/03/2021.

Fonte: Autor (2021)

Figura 1. Registros de patentes (%) sobre celulasas por país. Dados obtidos por busca direta na plataforma Lens. Acesso entre 10 e 15/03/2021.



Fonte: Autor (2021)

A Novozymes é uma companhia global de biotecnologia que tem como foco principal a pesquisa, desenvolvimento e produção de enzimas, micro-organismos e produtos biofarmacêuticos. Dentre as patentes depositadas, pode-se citar:

i) Patente WO2012093041-A1, publicada em 2012, que diz respeito à aplicação de celulasas na degradação de material contendo lignocelulose e pectina para a produção de biogás.

ii) Patente WO2016030472-A1, publicada em 2016, que compreende o emprego da celulase em um composto enzimático utilizado na solubilização de resíduos sólidos urbanos e na produção de biogás ou produtos de fermentação.

A aplicação das celulasas na cadeia produtiva dos biocombustíveis aumenta a demanda e as pesquisas com essas enzimas, principalmente considerando que o mercado de biocombustíveis deve crescer nos próximos anos, substituindo 30% dos combustíveis de petróleo até 2025.

Entre as carboidratases aplicadas nos biocombustíveis, a celulase é a segunda enzima mais importante, atrás apenas das amilases (aplicadas nos biocombustíveis à base de amido, como o bioetanol de milho nos Estados Unidos) e ambas devem aumentar devido ao desenvolvimento de biocombustíveis ecologicamente corretos (BEHERA; RAY, 2016; SIQUEIRA et al., 2020).

O biogás é um biocombustível comumente usado, sendo produzido naturalmente pela decomposição da biomassa em ambiente anaeróbio. Diferentes substratos, como por exemplo, estrume animal, resíduos sólidos municipais e resíduos agrícolas, podem ser usados para a produção de biogás.

O uso de substâncias lignocelulósicas para essa finalidade se ampliou em todo o mundo porque essas fontes não são comestíveis e não competem com o suprimento de alimentos (TANTAYOTAI et al., 2017; SILVA et al. 2019; TAJMIRIAHI; MOMAYEZ; KARIMI, 2021).

As patentes também foram analisadas de acordo com a Classificação Internacional de Patentes (IPC).

A Tabela 4 mostra os resultados da análise das patentes de acordo com as subclasses e seus respectivos códigos do IPC. Foi observado um total de 100 diferentes códigos que contemplam distintos assuntos, nos quais 30% destes correspondem a seção A23K que aborda rações adaptadas para a alimentação animal e métodos para a sua produção.

As celulasas desempenham um papel importante na indústria de ração animal, sendo um importante setor do agronegócio formado por ruminantes, aves, suínos, alimentos para animais de estimação e piscicultura.

A fibra dietética em alimentos de origem animal consiste em polissacarídeos sem amido, como arabinosilanos, celulose, muitos outros componentes vegetais, incluindo dextrinas resistentes, inulina, lignina, ceras, quitinas, β-glucano e oligossacarídeos, que podem atuar como fator antinutricional para vários animais.

Assim, essas enzimas proporcionam melhora no valor nutricional dos alimentos, eliminando esses fatores antinutricionais presentes nas matérias-primas, fornecendo enzimas digestivas suplementares, como proteases, amilases e glucanases. Além disso, auxiliam no ganho de peso em frangos e galinhas e na diminuição da colonização de bactérias patogênicas no intestino grosso (BEHERA et al., 2017).

Tabela 4. Classificação das patentes envolvendo enzimas celulolíticas de acordo com o IPC (Critério “Top 10”)

IPC	Descrição	Contagem de registros	%
C12N-009/42	Enzimas agindo sobre ligações beta-1, 4-glicosídicas, p. ex. celulase.	2100	16,98
C12P-019/14	Produção de compostos pela ação da carbohidrase	1793	5,96
A23K-010/30	Alimentos para animais feitos a partir de materiais de origem vegetal, por exemplo, raízes, sementes ou feno; a partir de material de origem fúngica, por exemplo, cogumelos (obtidos por processos microbiológicos ou bioquímicos, por exemplo, utilizando leveduras ou enzimas e produtos químicos ou micro-organismos para ensilagem de forragem verde).	1779	5,91
C11D-003/386	Outros ingredientes de composições de detergentes abrangidos no grupo C11D 1/00: Preparações contendo enzimas.	1641	5,45
A23L-033/105	Uso de aditivos sem precedência; Extratos vegetais, seus duplicados artificiais ou seus derivados.	1338	4,44
A23K-010/37	Alimentos para animais feitos a partir de resíduos de materiais (de hidrolisados de madeira ou palha; do melaço).	1338	4,35
A23K-020/189	Fatores alimentares acessórios para alimentos para animais: enzimas.	1141	3,79
A23L-033/00	Modificação das qualidades nutritivas dos alimentos, produtos dietéticos, preparação ou tratamentos dos mesmos;	11141	3,60
A23K-010/12	Alimentos para animais feitos por fermentação de produção naturais, por exemplo, de material vegetal, resíduos animais ou biomassa.	1030	3,42
C12N-001/20	Bactérias, seus meios de culturas.	987	3,28

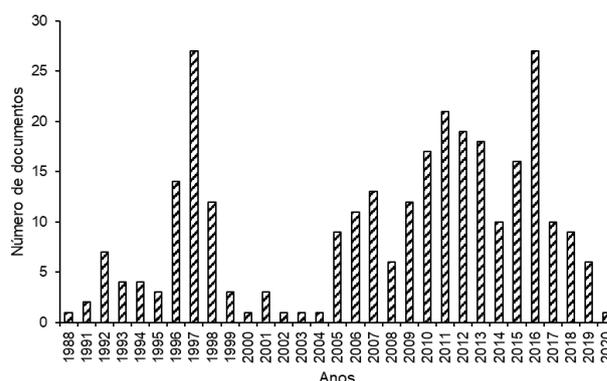
Dados obtidos por busca direta na base de dados Derwent Innovation Index. Acesso entre 10 e 15/03/2021.

Fonte: Autor (2021)

Análise de patentes depositadas no Brasil

Para avaliar o cenário de patentes envolvendo celulases no Brasil, foi realizada uma busca no banco de dados do INPI e foi possível observar um total de 289 patentes relacionadas as enzimas celulases. A partir da distribuição de patentes de acordo com o ano de publicação (Figura 2), nota-se que não houve um aumento significativo de registros de patentes ao longo dos anos. O maior quantitativo de registros ocorreu nos anos 1997 e 2016 com 27 patentes publicadas.

Figura 2. Frequência de publicações de patentes envolvendo enzimas celulolíticas depositadas no Brasil junto ao INPI



Fonte: Autor (2021)

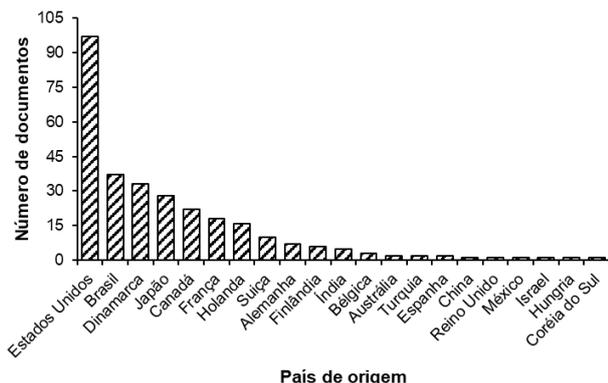
No banco de dados do INPI também é possível que os demais países realizem pedidos de depósitos de patentes, porém, é necessário ressaltar que a patente é territorial, ou seja, para cada país o depositante deve atender aos requisitos formais para que sua patente seja concedida e assim evitar que sua invenção ou modelo de utilidade seja alvo de possíveis cópias.

Uma forma de facilitar todo esse processo é utilizando o PCT (*Patent Cooperation Treaty*) que consiste em um tratado com 152 países signatários, que permite solicitar a proteção de uma invenção de forma simultânea nos países membros, pelo depósito de apenas um único pedido de patente ao invés de depositar vários pedidos separados de patentes nacionais ou regionais (CGCOM, 2019).

Com relação ao país de origem, os Estados Unidos lideram com o maior número de pedidos de patentes (97 documentos) equivalente a 33% do total de registros.

O Brasil ocupa o 2º lugar entre os países depositantes com 37 patentes publicadas (12% do total). Os outros 55% correspondem aos demais países. Assim, com base nesses dados, observa-se que no Brasil ainda não há uma grande quantidade de pesquisas relacionadas as celulases em comparação aos outros países (Figura 3).

Figura 3. Países de origem dos depositantes dos registros de patentes envolvendo enzimas celulolíticas na base de dados INPI

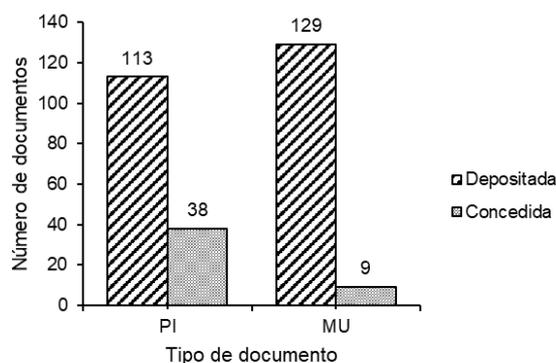


Fonte: Autor (2021)

Com base no status dos documentos, as patentes podem ser classificadas como concedidas ou depositadas. Neste estudo, 16% do total compreende as patentes concedidas enquanto 87% são patentes depositadas. Segundo o guia básico do INPI, as patentes ainda podem ser identificadas como patente de invenção (PI) quando os produtos ou processos possuem uma nova tecnologia e modelo de utilidade (MU) para novas formas em objetos de uso prático, como utensílios e ferramentas, que apresentem melhorias no seu uso ou na sua fabricação. Nesse monitoramento, 52% dos documentos se referem a patentes de invenção e os demais são modelos de utilidade. Analisando as patentes concedidas, apenas 25% atendem a requisitos de atividade inventiva, novidade e aplicação industrial, sendo assim, classificadas como PI conforme pode ser observado na Figura 4.

As principais aplicações das celulases abordadas nas patentes no INPI compreendem a produção de açúcar (PI 0513965-1; BR 11 2017 005071 4), composição de detergentes com funções distintas (PI 9714761-3; PI 9711626-2; PI 9910152-1), produção de etanol 2G (BR 10 2016 028504 6; BR 10 2015 030917 1), produção de biogás a partir de biomassa vegetal (PI 1102151-9; BR 11 2017 027665 8), fabricação de papel (BR 11 2012 015482 6; PI 0211930-7), entre outros.

Figura 4. Distribuição do tipo e situação dos pedidos de patentes na base de dados do INPI

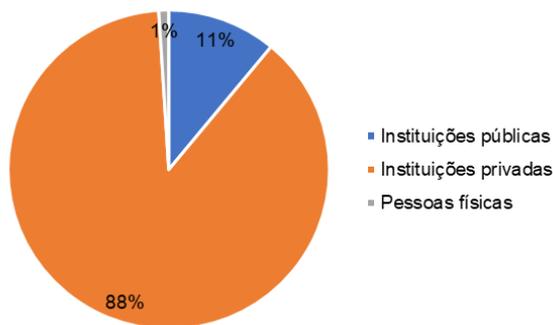


Fonte: Autor (2021)

Segundo o boletim mensal de propriedade industrial disponibilizado no INPI, até o mês de outubro de 2020, foram contabilizados 22336 pedidos de depósitos de patentes, sendo 89,8% patentes de invenção, 9,9% correspondiam a modelo de utilidades e o 0,3% restante se referem a certificados de invenção que são atribuídas a patentes de melhoria ou aperfeiçoamento de patentes já realizadas (INPI, 2020). Desta forma, observou-se que os resultados obtidos para enzimas celulolíticas diferiram do perfil apresentado pelo banco de dados do INPI quanto as patentes consideradas como PI ou MU. Com relação aos depositantes, foi verificado que as instituições privadas foram responsáveis por 254 pedidos de patentes equivalendo a 88% do total de registros, seguindo de instituições públicas com 11% e pessoas físicas 1% conforme mostra a Figura 5.

As principais instituições privadas que se destacaram quanto ao depósito de patentes foram a P&G (especializada em uma ampla gama de produtos de saúde pessoal/saúde do consumidor, cuidados pessoais e higiene), Novozymes e Iogen Corporation, sendo esta última uma empresa que desenvolve tecnologias para produzir biocombustíveis celulósicos renováveis a partir de resíduos agrícolas e outros resíduos orgânicos. Com relação as instituições públicas, temos a Universidade de Caxias do Sul, Universidade de São Paulo (USP) e Universidade de Brasília como as principais depositantes.

Figura 5. Depositantes dos pedidos de patentes relacionadas as enzimas celulases no Brasil



Fonte: Autor (2021)

É notório o aumento gradativo de depósitos de patentes no Brasil ao longo dos anos, porém o baixo número de patentes depositadas por instituições públicas reflete o baixo investimento governamental para o desenvolvimento de inovação na área estudada. Ainda se percebe uma presença superior de patentes provenientes de empresas quando se compara às patentes depositadas por universidades. Desta forma, é necessário que o Brasil amplie a cooperação regional em P&D e inovação, de forma a estimular sua retomada econômica, especialmente no desenvolvimento de novas tecnologias para aplicações biotecnológicas e industriais (MULLER; PERUCCHI, 2014; MOURA et al., 2019).

Conclusão

Entre as bases de dados avaliadas, a Derwent Innovation Index apresentou uma maior quantidade de registros em comparação com os demais bancos de patentes e alta confiabilidade das informações sobre invenções envolvendo enzimas celulolíticas. A maioria dos documentos de patente estavam associados à área de química e microbiologia aplicada à biotecnologia. Entre os 10 maiores depositantes, a empresa Novozymes apresentou o maior número de registros. Ao avaliar a classificação IPC, foi observado que a maioria das patentes diz respeito à aplicação das enzimas celulolíticas em produtos destinados à alimentação animal.

Com relação ao cenário nacional, observou-se que inventores dos Estados Unidos foram os principais responsáveis pela maior quantidade de depósitos de patentes na base de dados nacional (INPI), seguido pelo Brasil. Além disso, verificou-se que as patentes nacionais englobam diversas aplicações industriais, sendo a utilização de enzimas celulolíticas na produção de etanol 2G e de biogás a partir de biomassas vegetais. Áreas que apresentam tendência crescente foram as de desenvolvimento de novas tecnologias de importância biotecnológica e ambiental. A grande maioria das patentes depositadas no INPI tem como depositantes instituições privadas, indicando que há uma necessidade de maior investimento em pesquisa nas universidades e institutos de pesquisa governamentais objetivando fomentar a inovação em aplicações industriais de enzimas, uma área de grande importância econômica. Sendo assim, os resultados obtidos no presente estudo serão de grande utilidade para o planejamento e tomada de decisão para potencializar avanços em inovação na aplicação de enzimas celulolíticas.

Contribuição dos autores

Os autores desse artigo declaram que contribuíram de forma igualitária na sua elaboração.

Referências

ALMEIDA, Renata Maria Rosas Garcia; BARBOSA, Kledson Lopes; SILVA, Jumelice dos Santos; MALTA, Valéria Rodrigues dos Santos. **Produção de etanol 2g obtido da casca da *Manihot esculenta* como fonte de biomassa lignocelulósica**. Depositante: Universidade Federal de Alagoas. n. BR 10 2015 030917 1. Depósito: 10 dez. 2015. Disponível em:

<https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1361185&SearchParameter=BR%2010%202015%20030917%201%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BAE, Hyeun-Jong; HWANG, Inhwan; TURCOTTE, Ginette; LABERGE, Serge. **Plantas transgênicas com expressão de celulase para autohidrólise de componentes de celulose e método para produção de açúcar solúvel**. Depositante: Postech Foundation. Procurador: Tavares Propriedade Intelectual Ltda. KR n. PI 0513965-1. Depósito: 30 jul. 2005. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=727746&SearchParameter=PI%200513965-1%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BALABAN, Murat; KILINC, Murat Bahadir. **Método de hidrólise de celulose para produção de biogás**. Depositante: Episome Biyoteknolojik Ürünler Sanayi Ve Ticaret Anonim Sirketi. Procurador: Clovis Silveira. TR n. BR 11 2017 027665 8. Depósito: 26 mai. 2016. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1439931&SearchParameter=BR%2011%202017%20027665%208%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BANOTH, C.; KETHAVATH, S.N.; KESHAV, P. K.; BHUKYA, B. Selection of stress tolerant *Saccharomyces cerevisiae* strains isolated from sloughing off soil for bioethanol production using *Prosopis juliflora*. **Research Journal of Biotechnology**, v.15, n. 1, p. 1-13, 2020.

BAUMANN, M.; DOMNIK, T.; HAASE, M.; WULF, C.; EMMERICH, P.; ROSCH, C.; ZAPP, P.; NAEGLER, T.; WEIL, M. Comparative patent analysis for the identification of global research trends for the case of battery storage, hydrogen and bioenergy. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 165, 2021.

BEHERA, S. S.; RAY, R. C. Solid state fermentation for production of microbial cellulases: Recent advances and improvement strategies. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 86, p. 656-669, 2016.

BEHERA, B. C.; SETHI, B. K.; MISHRA, R. R.; DUTTA, S. K.; THATOI, H. N. Microbial cellulases –Diversity & biotechnology with reference to mangrove environment: A review. **Journal of Genetic Engineering and Biotechnology**, v. 15, n.1, p. 197-210, 2017.

BETTIOL, Jean-luc Philippe; THOEN, Christiaan Arthur Jacques Kamiel. **Composições detergentes alcalinas compreendendo uma celulase específica**. Depositante: The Procter & Gamble Company. Procurador: Dannemann; Siemsen; Bigler; Ipanema Moreira. EN n. PI 9714761-3. Depósito: 11 jul. 1997. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=539810&SearchParameter=PI%209714761-3%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

BUSCH, Alfred; BETTIOL, Jean-Luc Philippe; SMETS, Johan; BOYER, Stanton Lane. **Composições detergentes de lavanderia e/ou para o cuidado com tecidos que compreendem uma celulase modificada**. Depositante: The Procter & Gamble Company. Procurador: Dannemann; Siemsen; Bigler; Ipanema Moreira. EN n. PI 9910152-1. Depósito: 30 abr. 1999. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=562726&SearchParameter=PI%209910152-1%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

CASTRO, A. M.; JUNIOR, N. P. Produção, propriedades e aplicação de celulases na hidrólise de resíduos agroindustriais. **Quim. Nova**, Vol. 33, No. 1, 181-188, 2010.

CGCOM - Coordenação-Geral de Comunicação Social. Você quer patentear só no Brasil ou em outros países também? 2019. Disponível em: <http://antigo.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/minha-primeira-patente/voce-quer-patentear-so-no-brasil-ou-em-outros-paises-tambem>. Acesso em: 09 de mar. 2021.

CHANCHETTI, L. F.; DIAZ, S. M. O.; MILANEZ, D. H.; LEIVA, D. R.; FARIA, L. I. L.; ISHIKAWA, T. T. Technological forecasting of hydrogen storage materials using patent indicators. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41, n. 41, p. 18301-18310, 2016.

DAR, R. A.; DAR, E. A.; KAUR, A.; PHUTELA, U. G. Sweet sorghum- a promising alternative feedstock for biofuel production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 4070-4090, 2018.

DEORSOLA, A. C.; MOTHE, C. G.; OLIVEIRA, L. G.; DEORSOLA, A. B. Technological monitoring of cyclodextrin e World panorama. **World Patent Information**, v. 39, p 41-49, 2014.

- FUNADA, Shigeyuki; KURIHARA, Hiroyuki; YAMADA, Katsushige. **Método de produção de açúcar líquido**. Depositante: TORAY INDUSTRIES, INC. Procurador: Ana Paula Santos Celidonio. n. BR 11 2017 005071 4. Depósito: 18 set. 2015. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1412257&SearchParameter=BR%2011%202017%20005071%204%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- GAETE, A. V.; TEODORO, C. E.S.; MARTINAZO, A. P. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de celulase: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. 1-33, 2020.
- GOLDBECK, Rosana; FILHO, Francisco Mauger; PEREIRA, Gonçalo Amarante Guimaraes; CARAZZOLLE, Marcelo Falsarella; TEIXEIRA, Gleidson Silva; PROCÓPIO, Dielle IELLE Pierotti. **Microorganismo recombinante, vetores de expressão, processo de obtenção de etanol 2G e uso do microorganismo recombinante**. Depositante: Universidade Estadual de Campinas. Procurador: Patricia Franco Leal Gestic. n. BR 10 2016 028504 6. Depósito: 5 dez. 2016. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=1403526&SearchParameter=BR%2010%202016%20028504%206%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- HAANDEL, Adrianus Cornelius Van; BARBOSA, Cláudia Rodrigues. **Processo e sistema de produção de biogás a partir da digestão anaeróbia de biomassa vegetal em fase sólida**. Depositante: Cetrel S.A. Procurador: Dannemann; Siemsen; Bigler; Ipanema Moreira. BR n. PI 1102151-9. Depósito: 11 mai. 2011. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=868892&SearchParameter=PI%201102151-9%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- HAUWERMEIREN, Tim Maria; HERBOTS, Ivan Maurice; WEVERS, Jean. **Composições detergentes compreendendo atividade celulolítica controlada por anticorpo**. Depositante: The Procter & Gamble Company. Procurador: Dannemann; Siemsen; Bigler; Ipanema Moreira. EN n. PI 9711626-2. Depósito: 13 ago. 1997. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=501228&SearchParameter=PI%209711626-2%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- IDRIS, A. S. O. et al. Cellulase production through solid-state tray fermentation, and its use for bioethanol from sorghum stover. **Bioresource Technology**, v. 242, p. 265–271, 2017.
- INPI- Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Indicadores de Propriedade Industrial. **B. mens. Prop. Industr.**, Rio de Janeiro, v.5, n.11 p. 1-20, nov. 2020. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/aceso-a-informacao/pasta-x/boletim-mensal/arquivos/documentos/boletim-mensal-de-propriedade-industrial_18-11-2020.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.
- JUTURU, V.; WU, J. C. Microbial cellulases: Engineering, production and applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 33, p. 188-203, 2018.
- KARMAKAR, M.; RAY, R. R. Current trends in research and application of microbial cellulases. **Research Journal of Microbiology**, v. 6, p. 41-53, 2011.
- KHAN, M. N.; LUNA, I. Z.; ISLAM, M. M.; SHARMEEN, S.; SALEM, K. S.; RASHID, T. U.; ZAMAN, A.; HAQUE, P.; RAHMAN, M. M. Cellulase in Waste Management Applications. **Microbial Cellulase System Properties and Applications**, p. 237-256, 2020.
- KHOSHNEVISAN, K.; POORAKBAR, E.; BAHARIFAR, H.; BARKHI, M. Recent Advances of Cellulase Immobilization onto Magnetic Nanoparticles: An Update Review. **Magnetochemistry**, 36, p. 1-22, 2019
- LADEIRA, S. A.; CRUZ, E.; DELATORRE, A. B.; Barbosa, J. B.; MARTINS, M. L. L. Cellulase production by thermophilic *Bacillus* ssp. SMIA-2 and its detergent compatibility. **Electronic Journal of Biotechnology**, v. 18, p. 110–115, 2015.
- LIU, G.; ZHANG, J.; BAO, J. Cost evaluation of cellulase enzyme for industrial-scale cellulosic ethanol production based on rigorous Aspen Plus modeling. **Bioprocess Biosystems Engineering**, v. 39, p. 133-140, 2016.
- LOPES, J. G.; SANTOS, K. C.; COSTA, A. A. Prospecção tecnológica do uso do bagaço de cana-de-açúcar visando a produção de etanol de segunda geração. **Cad. Prospec.**, Salvador, v. 10, n. 3, p.590-599, jul./set., 2017.
- LUCARINI, A.C., DELQUIARO, A. C. T.; VIDOCA, L. C. P. T.; BRAZ, R.; MARTINS, R. M.; ALVES, T. P. Estudo da Hidrólise Enzimática da Palha da cana de açúcar para produção de etanol de segunda geração. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**. v. 03, p. 242–253, 2017.
- MARQUES, H. R.; GARCIA, M. O.; PEREIRA, R. M.; GAVA, R. Monitoramento tecnológico: estudo de uma propriedade intelectual da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Cereus**, v. 6, n. 1, 2014.
- MARQUES, H. R.; PEREIRA, R. M.; GARCIA, M. O.; GAVA, R. Monitoramento tecnológico: um estudo de uma patente da Universidade Federal de Viçosa. **Revista Gestão & Tecnologia**, Pedro Leopoldo, v. 16, n. 3, p. 110-137, 2016.
- MENDES, F. B.; ATALA, D. I. P.; THOMÉO, J. C. Is cellulase production by solid-state fermentation economically attractive for the second-generation ethanol production? **Renewable energy**, v. 114, p. 525-533, 2017.
- MOURA, A. M. M.; JUNIOR, R. F. G.; MAGNUS, A. P. M.; BOCHI, F. S.; SCARTASSINI, V. B. Panorama das patentes depositadas no brasil: uma análise a partir dos maiores depositantes de patentes na base Derwent Innovations Index. **Brazilian Journal of Information Studies: Research Trends**, v. 13, n. 2, p. 59-68, 2019.
- MUELLER, S. P.M.; PERUCCHI, V. Universidades e a produção de patentes: tópicos de interesse para o estudioso da informação tecnológica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v.19, n.2, p.15-36, abr./jun. 2014.
- NIELSEN, Henrik B.; BAEKGAARD, Lone; WAWRZYNCZYK, Joanna; SOERENSEN Hanne R.; ROSGAARD, Lisa; SOERENSEN, H. **Enzyme composition used in solubilization of municipal solid waste and in production of biogas or fermentation products, comprises cellulolytic background composition, and one of enzymes comprising protease, lipase or beta-glucanase**. WO2016030472-A1. Depósito: 27 Aug. 2015. Concessão: 3 Mar. 2016. Disponível em: http://apps-webofknowledge.ez19.periodicos.capes.gov.br/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=2&SID=5FZsHDewd9xOvGoayCQ&page=1&doc=1. Acesso em: 20 mar. de 2021.
- OKAL, E. J.; ASLAM, M. M.; KARANJA, J. K.; NYIMBO, W. J. Mini review: Advances in understanding regulation of cellulase enzyme in white-rot basidiomycetes. **Microbial Pathogenesis**, v. 147, 2020.
- OLSEN, Hens Serj; OLSEN, Henrik. **Biogas production process with two enzymatic pre-treatments, comprises e.g. providing slurry of lignocellulose- and pectin-containing material, water and enzyme e.g. pectin lyase, and allowing enzyme to catalyze degradation of the material**. Depositante: NOVOZYMES AS. WO2012093041-A1. Depósito: 22 Dec. 2011. Concessão: 12 Jul. 2012. Disponível em: http://apps-webofknowledge.ez19.periodicos.capes.gov.br/full_record.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&qid=5&SID=5FZsHDewd9xOvGoayCQ&page=1&doc=1. Acesso em: 20 mar. 2021.
- PARANHOS, R. C. S; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção** – Salvador, v. 11, n. 5 – Ed. Esp. VIII ProspeCT&I, p. 1274-1292, dezembro, 2018.
- PRASAD, S.; SINGH, A.; KORRES, N. E.; RATHORE, D.; SEVDA, S.; PANT, D. Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective. **Bioresource Technology**, v. 303, 2020.

PIRES, E. A.; RIBEIRO N. M.; QUINTELLA, C. M. Sistemas de Busca de Patentes: análise comparativa entre Espacenet, Patentscope, Google Patents, Lens, Derwent Innovation Index e Orbit Intelligence. **Cadernos de Prospecção**, v. 13, n. 1, 2020.

ROPARS, Marcel; AYMARD, Caroline. **Processo de produção de alcoóis e/ou de solventes, a partir de polpas de papel com reciclagem do vegetal não hidrolisado**. Depositante: IFP Energies Nouvelles. Procurador: Dannemann; Siemsen; Bigler; Ipanema Moreira. FR n. BR 11 2012 015482 6. Depósito: 17 dez. 2010. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=919560&SearchParameter=BR%2011%202012%20015482%206%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>. Acesso em: 20 mar. 2021.

SHELDON, R.; VAN PELT, S. Enzyme immobilisation in biocatalysis: why, what and how. **Chemical Social Reviews**, 42, p. 6223-6235.
SILVA, A.F.V.; SANTOS, L.A.; VALENÇA, R.B.; PORTO, T.S.; SOBRINHO, M. A. M.; GOMES, G.J.C.; JUCÁ, J.F.T.; SANTOS, A.F.M.S. Cellulase production to obtain biogas from passion fruit (*Passiflora edulis*) peel waste hydrolysate. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, 2019.

SINGH, A.; BAJAR, S.; DEVI, A.; PANT, D. An overview on the recent developments in fungal cellulase production and their industrial applications. **Bioresource Technology Report**, v. 14, 2021.

SIQUEIRA, J. G. W.; RODRIGUES, C.; VANDENBERGHE, L. P. S.; WOICIECHOWSKI, A. L.; SOCCOL, C. R. Current advances in on-site cellulase production and application on lignocellulosic biomass conversion to biofuels: A review. **Biomass and Bioenergy**, v. 132, 2020.

SULYMAN, A. O.; IGUNNU, A.; MALOMO, S. O. Isolation, purification and characterization of cellulase produced by *Aspergillus niger* cultured on Arachis hypogaea shells. **Heliyon**, v. 6, 2020.

SRIVASTAVA, N; SRIVASTAVA, M; MISHRAB, P. K.; GUPTAD, V. K.; MOLINA, G.; RODRIGUEZ-COUTO, S.; MANIKANTA, A; RAMTEKE, P. W. Applications of fungal cellulases in biofuel production: Advances and limitations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 2379–2386, 2018.

TAJMIRIAHI, M.; MOMAYEZ, F.; KARIMI, K. The critical impact of rice straw extractives on biogas and bioethanol production. **Bioresource Technology**, v. 319, 2021.

TANTAYOTAI, P.; PORNWONGTHONG, P.; MUENMUANG, C.; PHUSANTISAMPAN, T.; SRIARIYANUN, M. Effect of Cellulase-producing Microbial Consortium on Biogas Production from Lignocellulosic Biomass. **Energy Procedia**, v. 141, p. 180-183, 2017.

TOUSHIK, S. H.; KYUNG-TAI, L.; L. JIN-SUNG; KEUN-SUNG, K. Functional applications of lignocellulolytic enzymes in the fruit and vegetable processing industries. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 3, 2017.

TRAPPEY, A. J. C.; TRAPPEY, C. V.; FANC, C. Y.; LEE, I. J. L. Consumer driven product technology function deployment using social media and patent mining. **Advanced Engineering Informatics**, v. 36, p. 120-129, 2018.

VERMA, N.; KUMAR, V.; BANSAL, M. C. Utility of *Luffa cylindrica* and *Litchi chinensis* peel, an agricultural waste biomass in cellulase production by *Trichoderma reesei* under solid state cultivation. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 16, p. 483-492, 2018.

WEI, H.; HUI-MIN, Z.; XIAO-WEI, Z.; RUI, Z.; JING-JING, W. Patent analysis provides insights into the history of cotton molecular breeding worldwide over the last 50 years. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 18, n. 3, p. 539–552, 2019.

YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; SARAVANAN, A.; VARJANI, S.; RAMAMURTHY, R. Bioconversion of municipal solid waste into bio-based products: A review on valorization and sustainable approach for circular bioeconomy. **Science of the Total Environment**, v. 748, 2020.