



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS  
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOTECNOLOGIA E BIOPROCESSOS**

**JUREMA SUELEN DA SILVA LINS**

**MAPEAMENTO PATENTÁRIO DAS TÉCNICAS APLICADAS NA  
HIDRÓLISE DE BIOMASSA**

**SUMÉ - PB**

**2023**

**JUREMA SUELEN DA SILVA LINS**

**MAPEAMENTO PATENTÁRIO DAS TÉCNICAS APLICADAS NA  
HIDRÓLISE DE BIOMASSA**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.**

**Orientador: Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.**

**SUMÉ - PB**

**2023**



L759m Lins, Jurema Suelen da Silva.

Mapeamento patentário das técnicas aplicadas na hidrólise de biomassa. / Jurema Suelen da Silva Lins. - 2023.

44 f.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes.  
Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.

1. Hidrólise de biomassa. 2. Mapeamento patentário. 3. Catalisadores. 4. Patentes. 5. Resíduos lignocelulósicos. I. Nunes, Bruno Rafael Pereira. II. Título.

CDU: 60 (043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**JUREMA SUELEN DA SILVA LINS**

**MAPEAMENTO PATENTÁRIO DAS TÉCNICAS APLICADAS NA  
HIDRÓLISE DE BIOMASSA**

**Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Professor Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes  
Orientador – UAEB/CDSA/UFCG**

---

**Professor Dr. George do Nascimento Ribeiro  
Examinador I – UAEB/CDSA/UFCG**

---

**Professora Dra. Fabiana Pimentel Macedo Farias  
Examinadora II – UATEC/CDSA/UFCG**

**Trabalho aprovado em: 09 de fevereiro de 2023.**

**SUMÉ - PB**

## AGRADECIMENTOS

A jornada até aqui não foi fácil, mas para realizarmos nossos sonhos precisamos enfrentar grandes obstáculos, medo e insegurança. Contudo, quando colocamos DEUS no centro do que formos fazer, tudo dará certo.

Meus mais sinceros agradecimentos:

Primeiramente à DEUS por nunca me deixar desistir e segurar sempre minhas mãos e me dá discernimento e sabedoria para passar por todas as situações.

À minha amada mãe Maria do Socorro que mesmo diante das dificuldades fazia de tudo para me ajudar e fazer o que podia e o que não podia para me fazer chegar até aqui.

Ao meu pai Severino Ramos por sempre fazer o possível e o impossível para me proporcionar a educação que tenho hoje e acreditando sempre no meu potencial e por suas orações constantes.

Às minhas irmãs Simone e Soleane por serem bases de força e por serem espelho para mim, guerreiras e determinadas que sempre conquistaram seus objetivos.

Ao Professor e orientador Dr. Bruno Rafael Pereira Nunes, obrigada pela paciência, compreensão e por sua orientação.

Aos amigos que a universidade me presenteou Darlyson Guimarães, André Junior, Pedro Jordan (*In memoriam*), Jaqueline Siqueira, Rodolfo Inácio, Ana Carla Fonseca, Renato França, Aparecida Yasmim, Lívia Malta, Andreia Cabreira, Elielson Barros, Eder Nascimento, Jéssica Moreira, Mayk Albuquerque, Neto Lino, Élide Martins, Karol Borges, Brenda Soares, Camila Feitosa, pelas diversas contribuições. Vocês são parte dessa história, seja na sala de aula ou na praça jogando conversa fora.

As minhas parceiras de apartamento Laís Vaz e Danniely Silva por sempre estarem presente nos momentos bons e ruins durante o tempo em que vivemos juntas, gratidão por entrarem na minha vida.

À Aisla Rayanny e Maysa Bernardino por não serem só amigas, por serem irmãs de alma e se manterem presente durante toda essa jornada e por deixarem mais leve.

A meu namorado Marcello Átila por ser sempre presente e nunca ter soltado minha mão nas horas difíceis, e por ter me dado carinho, amor e suporte.

Aos professores do CDSA pelo aprendizado, lições e por serem base para minhas conquistas.

"O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia."

Robert Collier

LINS, Jurema Suelen da Silva. **Mapeamento Patentário: Estudo de Casos das Técnicas Aplicadas na Hidrólise de Biomassa.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Sumé-PB, 2023.

## RESUMO

Devido aos problemas ambientais, a busca por matérias-primas renováveis e fontes alternativas de energia têm sido cada vez mais frequentes. Nesse contexto, os estudos de aproveitamento de biomassa, por meio dos processos de hidrólise, têm se destacado pelo caráter inovador e pelo fato do material aplicado ser abundante e de baixo custo. Com isso, o presente trabalho teve por objetivo o mapeamento patentário de técnicas aplicadas na hidrólise de biomassa e com isso entender o estado em que se encontram as patentes dessa área e a partir dos resultados alcançados, obter respostas sobre a viabilidade de investimento no desenvolvimento de novas técnicas. Inicialmente, foi realizado um levantamento na base de dados do INPI, no qual se pôde analisar a produção de patentes registradas no Brasil relacionadas aos processos de conversão da biomassa, por meio dos processos de hidrólise. Esta consulta resultou em 224 depósitos de patentes no período de 1993 a 2022. Após a leitura dos resumos de cada pedido, foram identificados 205 depósitos referentes ao processamento da biomassa por hidrólise. Com os dados obtidos foi possível analisar a Classificação IPC da página Resultado da Pesquisa, os países de origem dos depósitos, o perfil do depositante, os tipos de processo aplicados, a matéria-prima utilizada e os produtos gerados. Os países com mais registros foram Estados Unidos e Brasil, com 56 pedidos para cada, representando quase 55% do total. Com relação ao perfil do depositante, Empresas privadas e Institutos e Universidades, são responsáveis por 123 e 76 pedidos, respectivamente. No Brasil, 44 dos 56 pedidos são de Institutos ou Universidades, o que representa 78,6%. Em relação ao tipo de processo aplicado, na maioria dos depósitos, 70, foi observada a aplicação da hidrólise enzimática. A biomassa lignocelulósica genérica foi a matéria-prima mais aplicada, sendo observados 182 registros, e o produto mais gerado foram os açúcares e derivados, observados em 77 pedidos. A concentração de registros em processos mais consolidados, que aplicam como catalisadores ácidos ou enzimas, sugere o desenvolvimento de novas técnicas de forma a vencer as dificuldades encontradas nas que têm sido aplicadas atualmente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Patentes. Resíduos lignocelulósicos. Inovação. Catalisadores

LINS, Jurema Suelen da Silva. **Patent Mapping: Case Studies of Applied Techniques in Biomass Hydrolysis**. Bachelor Thesis (Biotechnology and Bioprocess Engineering), Federal University of Campina Grande, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Sumé-PB, 2023.

## ABSTRACT

Due to environmental problems, the search for renewable raw materials and alternative energy sources has been increasingly frequent. In this context, studies on the use of biomass, through hydrolysis processes, have stood out due to their innovative character and the fact that the applied material is abundant and low cost. With this, the present work aimed to map patent techniques applied in the hydrolysis of biomass and with that to understand the state in which the patents in this area are found and from the results achieved, to obtain answers about the viability of investment in the development of new techniques. Initially, a survey was carried out in the INPI database, in which it was possible to analyze the production of patents registered in Brazil related to biomass conversion processes, through hydrolysis processes. This consultation resulted in 224 patent deposits in the period from 1993 to 2022. After reading the abstracts of each application, 205 deposits related to the processing of biomass by hydrolysis were identified. With the data obtained, it was possible to analyze the IPC Classification of the Search Result page, the countries of origin of the deposits, the profile of the depositor, the types of processes applied, the raw material used, and the products generated. The countries with the most registrations were the United States and Brazil, with 56 requests for each, representing almost 55% of the total. Regarding the profile of the depositor, Private companies and Institutes and Universities are responsible for 123 and 76 requests, respectively. In Brazil, 44 of the 56 requests are from Institutes or Universities, which represents 78.6%. Regarding the type of process applied, in most of the deposits, 70, the application of enzymatic hydrolysis was observed. Generic lignocellulosic biomass was the most applied raw material, with 182 records being observed, and the most generated product was sugar and derivatives, observed in 77 requests. The concentration of records in more consolidated processes, which apply acid catalysts or enzymes, suggests the development of new techniques to overcome the difficulties encountered in those currently applied.

**KEYWORDS:** Patents. Lignocellulosic waste. Innovation. catalysts

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Esquema da estrutura do complexo lignocelulósico	14
<b>Figura 2.</b> Estrutura molecular da celulose	14
<b>Figura 3.</b> Estrutura molecular da hemicelulose	15
<b>Figura 4.</b> Estrutura molecular da lignina	16
<b>Figura 5.</b> Fluxograma da metodologia	28
<b>Figura 6.</b> Número de patentes no INPI de acordo com a classificação principal - IPC	29
<b>Figura 7.</b> Número de patentes no INPI no período de 1993 a 2022	31
<b>Figura 8.</b> Distribuição de depósitos de patentes por país	32
<b>Figura 9.</b> Perfil dos depositantes na base INPI	33
<b>Figura 10.</b> Número de patentes conforme o tipo de processo	34
<b>Figura 11.</b> Número de patentes conforme o tipo de produto gerado.	35

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**CDSA** – Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido

**INPI** – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**IPC** – Classificação Internacional de Patentes

**OMPI** – Organização Mundial da Propriedade Intelectual

**UFCG** – Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
3.1 BIOMASSA.....	13
<b>3.1.1 Celulose.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.2 Hemicelulose.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.3 Lignina.....</b>	<b>15</b>
3.2 CONVERSÃO DE BIOMASSA.....	16
<b>3.2.1 Pré-tratamento.....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.2 Hidrólise de Biomassa.....</b>	<b>18</b>
3.4 INOVAÇÃO E PROPRIEDADE INTELECTUAL.....	22
3.5 PATENTES.....	24
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A biomassa tem sido amplamente utilizada em todo o mundo para síntese química e aplicações de energia, sendo uma fonte alternativa confiável para substituir matérias-primas fósseis na geração de produtos químicos e combustíveis, promovendo caminhos sustentáveis. Por ser renovável, abundante e prontamente disponível, proporciona um processo neutro em carbono, igualmente distribuído e com menor impacto ao meio ambiente (HUBER; IBORRA; CORMA, 2006).

De todos os tipos de biomassa disponíveis, a lignocelulósica é a mais abundante, com uma produção anual de aproximadamente 200 bilhões de toneladas métricas. Esse tipo de material é composto majoritariamente por lignina (18%–28%), celulose (40%–50%) e hemicelulose (20%–30%) (COSTA *et al.*, 2021; ZHANG; SONG; HAN, 2017).

Os processos microbianos, termoquímicos e químicos/catalíticos são os principais meios de conversão da biomassa (DUSSELIER; MASCAL; SELS, 2014). Como catalisadores, podem ser usados reagentes ácidos, alcalinos, sólidos, moléculas ou enzimas (LAURSEN *et al.*, 2018). Os catalisadores são substâncias que aumentam a velocidade de reação, mas não sofrem modificação da sua natureza química, durante o processo (LIMA, 2018). O uso de catalisadores sólidos é promissor para promover a transformação química da biomassa lignocelulósica, podendo ser gerados vários produtos, em condições reacionais controladas de temperatura, pressão, agitação e tempo de reação (RINALDI *et al.*, 2016).

Alguns processos de conversão da biomassa já são consolidados, principalmente os que utilizam ácidos, bases e enzimas como catalisadores. Entretanto, algumas dificuldades ainda podem ser encontradas, o que tem gerado a investigação de novas técnicas, que por possuírem caráter de inovação podem proporcionar o pedido de registros de patente.

A propriedade sobre um título de patente dá ao detentor o poder de impedir terceiros de utilizar, vender, produzir ou importar o produto/processo por ele patentado, sendo que o produto/processo protegido deve ser totalmente detalhado na patente. Em nível nacional os depósitos podem ser realizados na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI). Dentre os documentos disponíveis nas bases de dados, as patentes detêm características que as tornam uma das mais ricas fontes de informações tecnológicas, pois a descrição técnica detalhada da invenção é um dos pressupostos necessários pelo sistema internacional de patentes, além de terem de apresentar novidade, atividade inventiva e aplicação industrial (ASSIS FILHO, 2022).

Nesse contexto, o mapeamento de patentes torna-se uma importante ferramenta para orientar projetos de pesquisa e desenvolvimento, podendo auxiliar na identificação de tecnologias relevantes, parceiros (inclusive para fins de inovação aberta), concorrentes, rotas tecnológicas, inovações, investimentos, processos, produtos, os maiores detentores de inovações, entre outras informações (MACHADO, 2021).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Realizar um estudo de mapeamento patentário de técnicas aplicadas na hidrólise de biomassa com registro no Brasil.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Indicar a evolução anual de depósitos;
- Identificar o perfil dos principais depositantes;
- Apontar os países com maior participação nos depósitos;
- Entender o estado de desenvolvimento da tecnologia e projetar possíveis tendências para esse setor.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 BIOMASSA

A biomassa é um recurso sustentável que pode ser transformado em vários produtos de valor agregado por meio de vários processos (CHAI *et al.*, 2022), sendo, a quarta maior fonte de energia do mundo e responsável por cerca de 14% do consumo mundial de energia, superior ao do carvão (12%), equivalente ao gás natural (15%) e à eletricidade (14%), além de ser a principal fonte de energia em muitos países em desenvolvimento (SHAH; VENKATRAMANAN, 2019).

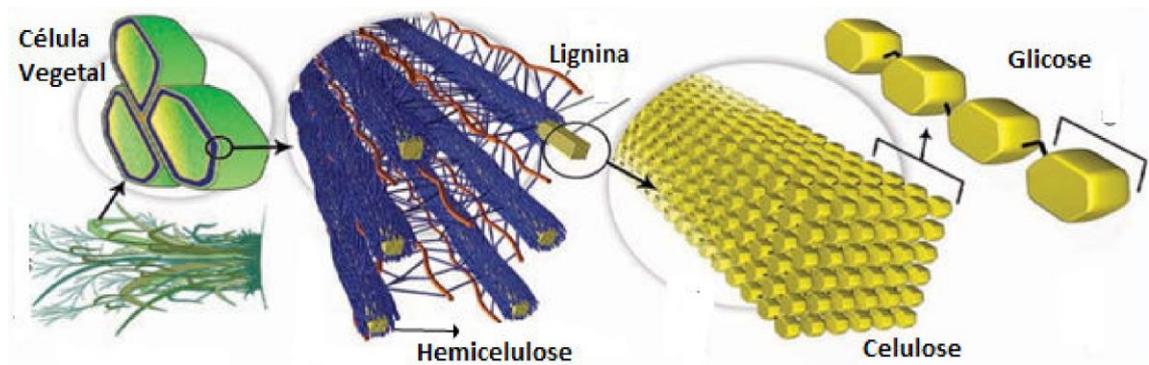
Todos os componentes de origem animal, vegetal e microbiana são considerados biomassa. A biomassa derivada de plantas é altamente valorizada devido à sua abundância e capacidade de minimizar as emissões de gases de efeito estufa, uma vez que durante a produção de monômeros de carboidratos pela fotossíntese, o dióxido de carbono atmosférico é convertido em energia química pela luz solar (DARMAWAN; AZIZ, 2021).

A biomassa lignocelulósica é o meio de carbono renovável mais abundante do mundo, com taxa de produção de 200 bilhões de toneladas anualmente. A biomassa compõe a fração biodegradável de produtos e resíduos animais ou vegetais derivados da atividade industrial, urbana e agricultura. Os setores agrícola e florestal compõem importantes fontes de matéria-prima renovável, compreendendo também espécies vegetais que tem o cultivo atrelado à produção de bioenergia. Com o desenvolvimento tecnológico, esse recurso pode representar uma alternativa na busca por matérias primas renováveis, diante da possibilidade de queda da produção de petróleo e demais derivados fósseis (COSTA *et al.*, 2021).

O resíduo da produção de etanol tradicional, também vem se tornando bastante utilizado na extração de derivados biotecnológicos, com ênfase para a produção de diversos tipos de enzimas, etanol de segunda geração, oligossacarídeos e xilitol (MESA *et al.*, 2011).

A matriz lignocelulósica é composta, principalmente, por 35-50% de celulose, 20-35% de hemicelulose e 10-25% de lignina (Figura 1) e essa composição podem mudar de acordo com a origem. É classificada como um polímero de carboidratos complexos que têm estruturas cristalinas (SOUZA, 2019).

**Figura 1** - Esquema da estrutura do complexo lignocelulósico



Fonte: Martins (2018)

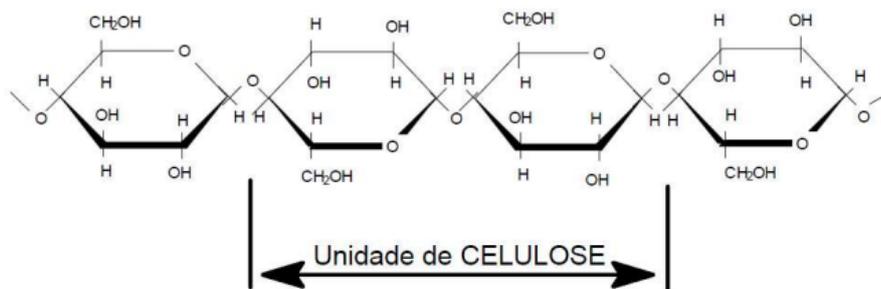
### 3.1.1 Celulose

A celulose é a parte mais abundante na biomassa, sendo um polímero constituído por moléculas de glicose ( $C_6H_{12}O_6$ ), unidas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta$ -1,4, formando uma cadeia linear, com alto grau de polimerização, que contém vários radicais hidroxila, unidos por pontes de hidrogênio intra e intermoleculares, o que resulta em uma estrutura cristalina (SUN *et al.*, 2016).

No decorrer da hidrólise, esse polissacarídeo é quebrado em moléculas livres de açúcar pela adição de água. No entanto, é difícil ocorrer à hidrólise devido à estrutura rígida e cristalina, consequência das fortes ligações  $\beta$ -1-4. O produto glicose é um açúcar de seis carbonos, ou hexose. A celulose pode apresentar partes amorfas e cristalinas (FESTUCCI-BUSELLI *et al.*, 2007).

A celulose (Figura 2) vem sendo um resíduo bastante utilizado na produção de etanol de segunda geração e de produtos químicos, entre eles: tensoativos, adesivos, corantes, solventes, produtos farmacêuticos (SILVA, 2019).

**Figura 2** - Estrutura molecular da celulose

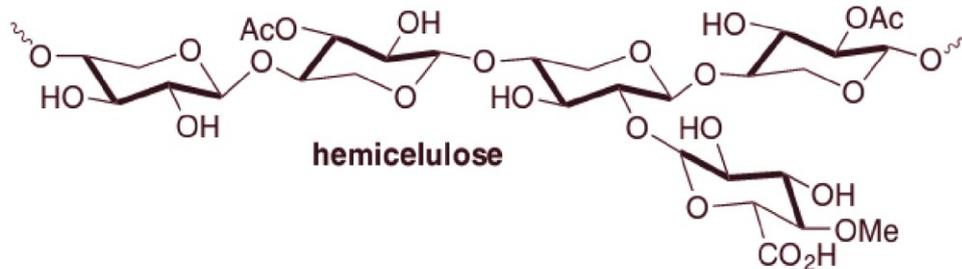


Fonte: Sampaio (2013)

### 3.1.2 Hemicelulose

A hemicelulose é um heteropolissacarídeo com cadeias menores que a celulose, porém com muitas ramificações (Figura 3) (BROGATTO, 2010).

**Figura 3.** Estrutura molecular da hemicelulose



**Fonte:** Ferreira *et al.* (2009)

Segundo Bajpai (2016), a hemicelulose difere da celulose na sua composição quanto ao tipo de açúcar presente na cadeia principal do polímero, podendo ser classificada como xilana (formada por xilose e arabinose) ou glicomanana (formado por glicose e manose).

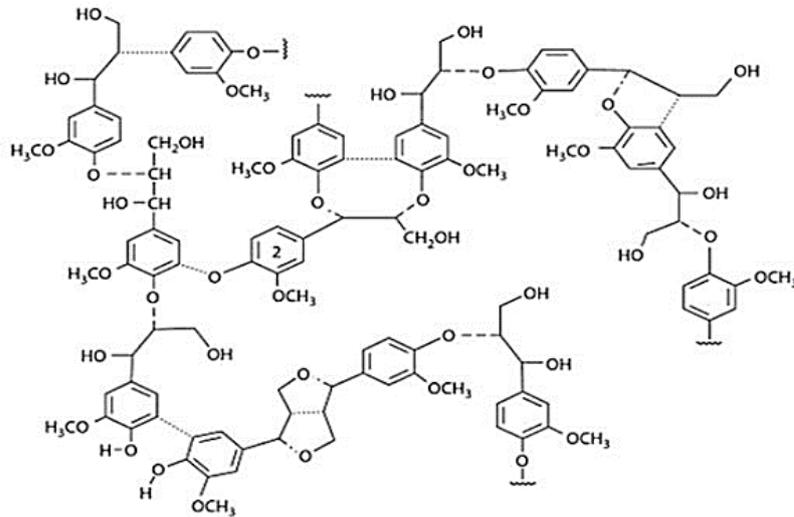
A fração hemicelulósica é constituída de cadeias ramificadas de açúcares, incluindo principalmente pentoses, como xilose e arabinose, e hexoses, como glicose, manose e galactose. Esta macromolécula contém ainda ácidos hexurônicos, como os ácidos  $\beta$ -D-glucurônico, D-4-Ometilglucurônico e  $\beta$ -D-galacturânico, e deoxiexoses. A variedade de ligações e de ramificações, assim como a presença de diferentes unidades monoméricas, contribui para a complexidade da estrutura hemicelulósica e suas diferentes conformações (KOOTSTRA *et al.*, 2009).

A partir da hemicelulose, é possível obter ácido levulínico, um precursor de solventes, lubrificantes, entre outros produtos químicos.

### 3.1.3 Lignina

A lignina (Figura 4) é uma mistura complexa de polímeros aromáticos insolúveis com alto peso molecular, possuindo uma fração mássica na biomassa de 10 a 25%. É um polímero tridimensional de unidades fenilpropanoides e possui maior densidade de energia em relação à celulose e hemicelulose, além disso, é aromático mononuclear altamente ramificado e encontrado nas paredes celulares de certas biomassas, individualmente na parte lenhosa (TRIBOT *et al.*, 2019).

**Figura 4 -** Estrutura molecular da lignina



**Fonte:** Ralph *et al.* (2010).

A lignina atua como uma cola celular que proporciona resistência à pressão do tecido vegetal e das fibras individuais, conferindo rigidez à parede celular e resistência a insetos e patógenos (SILVA, 2021). Geralmente são compostos altamente resistentes à degradação química e enzimática. A lignina pode ser usada como potencial matéria-prima para produzir polímeros de base biológica como biodegradáveis (polihidroxialcanoatos (PHA de cadeia média), polihidroxibutirato (PHA de cadeia curta), ácido polilático (PLA)) e não biodegradável (poliuretano (PU), poliolefina (PL), poliéster (PE), poliamida (PA) e polioli (PO)).

A lignina pode ser usada como combustível alternativo para geração de energia e calor, agente dispersante, aditivo de concreto, combustível, aditivo para ração animal, produção de vanilina resinas e adesivos (ABDELAZIZ *et al.*, 2016). Além disso, pode-se obter da lignina gomas vegetais para a produção de espessantes, adesivos, emulsificantes, estabilizantes e outros produtos químicos, como precursores de polímeros (SILVA, 2019).

### 3.2 CONVERSÃO DE BIOMASSA

Segundo Nakanishi *et al.* (2014), o termo biomassa inclui todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica de origem animal ou vegetal. De modo geral, as madeiras de florestas, as algas, os resíduos de processos agroindustriais e florestais, e os resíduos de humanos e de animais são considerados biomassa.

O crescimento do uso de tecnologias de conversão de biomassa lignocelulósica traz o termo biorrefinaria como uma abordagem alternativa viável para conversão efetiva dessa

matéria-prima em bioenergia e produtos químicos renováveis. O conceito de biorrefinaria prevê a produção de diversos produtos a partir da biomassa vegetal (renovável), semelhante ao que ocorre nas refinarias que produzem vários produtos derivados do petróleo (não renovável) (DEMIRBAS, 2009).

Composta especialmente por celulose, hemicelulose, lignina e frações de lipídios, proteínas, amidos e açúcares simples, a biomassa lignocelulósica também inclui os compostos inorgânicos e uma fração de água. A composição de celulose, hemicelulose e lignina é chamada de “lignocelulose” e representa o recurso renovável orgânico mais abundante na Terra (SAIDUR *et al.*, 2011).

A conversão da biomassa para a produção de combustíveis, produtos químicos e materiais, envolve algumas etapas, dentre elas: a hidrólise de polissacarídeos da lignocelulose (como celulose e hemicelulose) em açúcares simples, que são então convertidos por microrganismos em etanol e outros produtos. A liberação desses açúcares tornou-se crucial para a aplicação de lignocelulose como matéria-prima devido à sua estrutura compacta inflexível e natureza refratária à biodegradação (ASOMANING *et al.*, 2018).

Além da hidrólise, pode ser necessário que se realize um pré-tratamento, principalmente quando se deseja a conversão da celulose catalisada por enzimas. Esta etapa deve ser realizada devido às características estruturais da biomassa, pois, para que as enzimas possam converter a celulose, a lignina, que atua como uma barreira à ação das enzimas, deve ser removida do material, ou seu teor deve ser reduzido (TIAN; ZHAO; CHEN, 2018).

### **3.2.1 Pré-tratamento**

O pré-tratamento tem como objetivo modificar a estrutura recalcitrante, ajudar a aumentar a área superficial e o tamanho dos poros do material de origem, diminuir a cristalinidade da celulose, auxiliando na remoção de hemicelulose e lignina e, portanto, aumentar a conversão de biomassa bruta em produtos (PAUDEL *et al.*, 2017).

Os métodos de pré-tratamentos da biomassa são classificados em quatro tipos: físico, físico-químico, químico e biológico. O pré-tratamento físico se concentra na redução do tamanho das partículas usando métodos como moagem (BHATTARAI *et al.*, 2015). O pré-tratamento físico-químico envolve uma combinação de reagentes químicos e forças de cisalhamento físico para separar as microfibras da biomassa, como água quente (PETERSEN *et al.*, 2009), explosão de vapor (BALLESTEROS *et al.*, 2006) e explosão de fibra de amônia (SUN; CHENG, 2002).

Já no pré-tratamento químico são usados agentes químicos como ácidos, bases e oxidantes para quebrar ligações selecionadas dentro do complexo biopolímero (ABRAHAM *et al.*, 2020). O pré-tratamento biológico inclui o uso de microrganismos e enzimas, como digestão anaeróbica, fermentação alcoólica e método fotobiológico (TALEBNIA *et al.*, 2010). A etapa de pré-tratamento é crucial para romper as paredes celulares em seus componentes, aumentando a formação de açúcar na hidrólise e reduzindo a degradação de carboidratos e a formação de compostos inibitórios.

Os métodos convencionais de pré-tratamento na indústria usam reagentes alcalinos e ácidos fortes, que são comprovadamente eficazes e simples de operar, no entanto, esses métodos de pré-tratamento liberam resíduos químicos nocivos e tóxicos, representando grande perigo para nossa sociedade e meio ambiente (KUMARI; SINGH, 2018). Além disso, esses pré-tratamentos também requerem reator especial, com ligas resistentes a ácidos ou cerâmicas resistentes à corrosão, o que torna o processo de pré-tratamento caro (AFTAB *et al.*, 2019). Outras desvantagens do pré-tratamento com ácido concentrado incluem o uso de uma grande quantidade de agentes neutralizantes e a geração de resíduos sólidos durante a neutralização e desintoxicação (JUNG; KIM, 2015).

### 3.2.2 Hidrólise de Biomassa

A hidrólise da lignocelulose é grande desafio nas biorrefinarias, mas continua sendo eficiente, durável e seletiva. Em relação a isso, vários catalisadores, incluindo as enzimas (por exemplo, celulasas, celobiohidrolases e polissacarídeos líticos monooxigenases), ácidos minerais solúveis (por exemplo,  $H_2SO_4$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ) e bases (por exemplo,  $NaOH$ ,  $KOH$  e  $NH_4OH$ ) foram desenvolvidas para a hidrólise imediata de lignocelulose em açúcares monoméricos. No entanto, a aplicação desses catalisadores permanece possuindo limitações, devido ao seu alto custo, cinética de reação lenta e dificuldades de reutilização (HASSAN *et al.*, 2020).

As cadeias de celulose são sustentadas fortemente unidas através de ligações de hidrogênio, formando fibrilas, sendo um conjunto de fibrilas chamado de fibra de celulose. Para que a fibra de celulose seja quimicamente processável, faz-se necessário “amolecer” ou “enfraquecer” sua estrutura. Um ataque com ácido concentrado causa a ‘quebra’ das ligações de hidrogênio, e assim o acesso às ligações 1→4-β-glicosídeo torna-se facilitado, gerando o dissacarídeo celobiose (CARVALHO 2018).

Outra forma aplicada para a conversão desse material é a utilização de três celulasas trabalhando harmoniosamente, responsáveis pela atuação na hidrólise enzimática da celulose, as endoglucanases (CMCase), exoglucanases (FPase) e  $\beta$ -glucosidases.

Essas enzimas iniciam a hidrólise das ligações glicosídicas mais internas de celulose, nas regiões de menor arranjo estrutural, as cadeias amorfas são dessa forma naturalmente agredidas por não apresentarem ligações tão fortes como as envolvidas nas cadeias cristalinas, ligadas por interações intermoleculares das pontes de hidrogênio. (MARTINS, 2005).

As enzimas xilanolíticas estão em localizações extra ou intracelular, mas em geral são enzimas extracelulares indutíveis, produzidas em substratos que contenham xilana e estão sujeitas a repressão catabólica (COELHO, 2002).

A xilana não consegue entrar na célula por se tratar de uma estrutura polimérica de alta massa molecular, havendo assim a necessidade de ser degradada no meio extracelular. Os principais produtos de degradação da xilana por enzimas extracelulares são os xilo-oligossacarídeos, ácido acético, L-arabinose, ácido 4-O-metil-D-glucurônico e D-xilose (BIELY, 1985).

Além da hidrólise enzimática temos também a hidrólise química (ácida e alcalina). A hidrólise ácida ocorre quando se usa um ácido em solução aquosa, diluída ou concentrada, e este tipo de processo, ocorre com os compostos orgânicos ésteres, amidas e açúcares, sendo os ácidos mais utilizados o sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) e o clorídrico (HCl) (ROZEMBERG, 2010).

A hidrólise ácida pode ser utilizada como uma alternativa para o tratamento de alguns resíduos sólidos, que muitas vezes não são descartados corretamente, sendo armazenados em depósitos ou dispostos aleatoriamente no solo sem um tratamento prévio, sendo assim, uma alternativa viável para o tratamento deste tipo de material (HIJAZIN, 2003).

Ácidos diluídos ou concentrados quebram os polímeros de celulose e hemicelulose na biomassa lignocelulósica para formar moléculas de açúcar individuais que podem ser fermentadas em etanol e outros produtos (WYMAN, 1994). É importante notar que a hemicelulose é mais facilmente hidrolisada do que a celulose (ZALDIVAR; NIELSEN; OLSSON, 2001).

As vantagens da hidrólise ácida são que o ácido pode penetrar na lignina sem pré-tratamento, a taxa de hidrólise ácida é mais rápida que a hidrólise enzimática, mas a glicose também se degrada rapidamente sob condições ácidas (CHEUNG; ANDERSON, 1996). O processo de hidrólise ácida emprega geralmente ácido sulfúrico e ácido clorídrico em concentrações de 1-10% usando uma temperatura moderada (na faixa de 100-150 °C) (WINGREN; GALBE; ZACCHI, 2003). Mas nestas condições operacionais relativamente

moderadas, mostra-se menos eficaz na formação de hexoses (GÁMEZ *et al.*, 2006). Isto é principalmente devido à decomposição dos monossacarídeos em compostos menos desejáveis durante a hidrólise. Esses compostos incluem furfural, um produto da desidratação de pentoses e hidroximetilfurfural-HMF, um produto da desidratação de hexoses. Esses compostos, juntamente com o ácido acético que se forma durante a decomposição inicial das hemiceluloses, como resultado da hidrólise dos grupos acetil ligados ao açúcar, inibem a fermentação posterior, levando à redução do rendimento de etanol (ROMERO, I. *et al.*, 2007). A produção desses inibidores aumenta quando a hidrólise ocorre em temperaturas mais altas e concentrações de ácido mais altas (HAMELINCK; VAN HOOIJDONK; FAAIJ, 2005).

Uma alternativa é a hidrólise alcalina, que é uma reação hidrolítica em que uma base é utilizada substituindo a água, fazendo com que no final se obtenha como produto um sal alcalino e um ácido (POLITI, 1982). A hidrólise alcalina pode ser usada de diferentes formas como: o uso de baixas concentrações de base; a fusão de materiais orgânicos com o hidróxido de sódio e o uso de base suficiente em alta concentração e sob pressão (RIBEIRO, 2010).

Resultados experimentais para a clivagem de ligações glicosídicas em carboidratos solúveis em água demonstraram que a hidrólise alcalina tem as maiores taxas de reação, seguida pela hidrólise ácida e, finalmente, pela degradação hidrotérmica (BOBLETER, 1994). No entanto, é difícil obter um alto rendimento de açúcar por hidrólise alcalina porque carboidratos, mono e diméricos, como glicose, frutose ou celobiose, são severamente atacados por álcalis em temperaturas abaixo de 100°C. Os ácidos orgânicos também são formados durante a hidrólise, portanto, o consumo de álcalis pela formação de ácidos também é um problema. A hidrólise alcalina pode ser utilizada para o pré-tratamento de biomassa lignocelulósica, sendo saponificação de ligações éster intermoleculares reticulando a hemicelulose xilana e outros componentes, como a lignina e outras hemiceluloses (SUN; CHENG, 2002).

O tratamento com NaOH diluído da biomassa lignocelulósica causa inchaço, levando a um aumento na área de superfície interna, uma diminuição na cristalinidade, separação de ligações estruturais entre lignina e carboidratos e ruptura da estrutura da lignina (FANG; GHARPURAY; LEE, 1987)

Dos métodos apresentados, a hidrólise enzimática é lenta e dispendiosa, e a aplicação de ácidos minerais geralmente produz vários riscos ambientais. Recentemente, vários estudos relataram que os catalisadores sólidos podem ser uma alternativa promissora na hidrólise e desidratação de biomassa devido à sua alta atividade de reação, possibilidade de reutilização e baixo custo (ZHANG *et al.*, 2014; BAI; XIAO; SUN, 2015; DENG *et al.*, 2016; LEE; KIM; KWON, 2017).

Os catalisadores participam da reação diminuindo a energia de ativação e consequentemente o tempo necessário para que essa reação ocorra além de conseguir melhores resultados reacionais em determinadas condições de trabalho, dependendo do tipo de processo empregado (RATTANAPHRA *et al.*, 2021). Os catalisadores sólidos heterogêneos possuem métodos de preparação fáceis, baixos custos de produção, robustez notável, alta resistência a condições comuns de reação (umidade, ar, pressão e temperatura) e vida útil durável, além de poderem ser recuperados com eficiência das misturas de reação e podem ser prontamente reutilizados em vários ciclos catalíticos, tornando o processo econômico e mais sustentável (KOKEL; SCHÄFER; TÖRÖK, 2017).

Nos últimos anos, várias pesquisas foram realizadas para desenvolver uma variedade de novos catalisadores sólidos heterogêneos para a conversão eficiente de biomassa em produtos sustentáveis. Essas pesquisas estão relacionadas ao ajuste do tamanho das partículas, forma, estrutura da superfície e porosidade de catalisadores sólidos com o objetivo de enriquecer eletronicamente e geometricamente os sítios ativos de superfície (BESSON; GALLETOT; PINEL, 2014). Dentre os materiais estudados para conversão de biomassa, são incluídos zeólitas, materiais de carbono, sílica mesoporosa, estruturas metal-orgânicas, metais suportados por óxido metálico, líquidos iônicos de fase sólida, óxidos de ferro magnéticos e polímeros orgânicos (LIAN *et al.*, 2017).

Os materiais de carbono, estruturas metal-orgânicas, líquidos iônicos de fase sólida e óxidos de ferro magnéticos tem recebido grande atenção por causa de avanços científicos e suas aplicações catalíticas na valorização da biomassa. Esses materiais possuem características, que os tornam capazes de catalisar várias reações de conversão de biomassa em um único produto (KARIMI; MANSOURI; MIRZAEI, 2015).

Materiais como carvão ativado, grafeno, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono e carbonos mesoporosos podem desempenhar um papel vital na valorização da biomassa devido às suas características atraentes associadas à porosidade personalizável, alta área de superfície específica, hidrofobicidade, além disso, novos materiais funcionais à base de carbono podem ser sintetizados por meio da pirólise de moléculas de biomassa renovável (celulose, sacarose e glicose) e a sua posterior aplicação como suporte ou fase catalítica ativa será uma vantagem acrescida no contexto da valorização sustentável da biomassa (LAM; LUONG, 2014).

Em relação aos catalisadores sólidos magnéticos em conversões de biomassa, eles podem ser separados eficientemente da mistura de reação usando um campo magnético externo, sem afetar suas propriedades catalíticas (FERRINI; RINALDI, 2014). Os nano materiais magnéticos *core-shell*  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$  têm recebido muita atenção pois, além dos benefícios da

separação após a aplicação, a existência de grupos silanol em  $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{SiO}_2$  pode oferecer rotas fáceis para ancoragem seletiva de espécies ácidas, básicas ou metálicas que podem auxiliar na obtenção de resultados promissores em reações de conversão de biomassa (LIAO *et al.*, 2016).

### 3.4 INOVAÇÃO E PROPRIEDADE INTELECTUAL

A procura por inovação tem sido um instrumento muito utilizado para a melhora dos negócios empresariais, de maneira a tornar as companhias mais robustas, resilientes e dinâmicas frente às disputas da modernidade. A inovação tecnológica é a base para que as organizações se mantenham competitivas dentro de seu mercado (KUBELKA, 2021). Pelo fato de as informações tecnológicas serem preciosas e poderem ser usadas como instrumento competitivo, torna-se necessário incentivar os ambientes de ensino e de pesquisa a explorarem cada vez mais essa fonte de conhecimento, sendo úteis para inventores, empresários e instituições de pesquisa, principalmente nos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (INPI, 2021).

Devido ao rápido e crescente desenvolvimento tecnológico, favorecido pela redução de fronteiras físicas e pelo acesso ao conhecimento, a Propriedade Intelectual ganhou um importante destaque, especialmente no que diz respeito à contribuição de empreendedores, inventores, cientistas e artistas como indivíduos criadores, os quais passam a dispor de meios para ofertar mundialmente suas criações e inovações (BRANCO; GILBERTO *et al.*, 2011).

Propriedade intelectual é um conceito usualmente relacionado a inovação, e de acordo com Russo, Silva e Nunes (2011) é um conjunto de direitos que incidem sobre a criação do intelecto humano. Trata-se de um termo de caráter geral usado para todos os processos que incidem sobre a produção intelectual humana (coisa ou ativo intangível), nos domínios industrial, científico, literário e artístico, assegurando ao titular o direito de auferir recompensa pela própria criação, por determinado período (NUNES, 2013).

Segundo a convenção do *World Intellectual Property Organization* (WIPO), ou Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), o conceito de Propriedade Intelectual abarca (JUNGMANN; BONETT, 2010b): A soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações dos artistas intérpretes e às execuções dos artistas executantes, aos fonogramas e às emissões de radiodifusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico.

Com o crescimento da indústria, onde o desenvolvimento tecnológico provia a aceleração das informações, tornou-se necessária a criação de uma nova categoria de propriedade, não somente para os novos produtos elaborados, bem como sua ideia de execução para reprodução (BARBOSA, 2003). Direitos exclusivos sobre tal ideia/produto passaram a ser reconhecidos pela economia, podendo também serem chamados de Propriedade Industrial quando se trata de interesses de indústrias de transformação/comércio (LIMA, 2006). Classificados como Propriedade Industrial, estão os direitos concedidos ao titular de tecnologias industriais e marcas, com o objetivo de promover a criatividade pela proteção, disseminação e sua aplicabilidade industrial de seus resultados. Nessa categoria encontram-se patentes, desenhos industriais, marcas, indicações geográficas e segredos industriais, incorporando também a repressão à concorrência desleal (BARBOSA, 2020).

No atual sistema econômico capitalista, o investimento em patentes tem sido cada vez maior, pois a inovação e o desenvolvimento tecnológico norteiam o funcionamento do capitalismo, já que para uma empresa/indústria lucrar, deve-se constantemente inovar em seus produtos/processos, o que implica em uma busca por proteção dessas ideias (LIMA, 2006).

Ao aliar o desenvolvimento sustentável com a proteção da propriedade intelectual, surgem as chamadas patentes verdes, as quais foram assim qualificadas de modo que possuam procedimentos específicos visando a tornar mais célere o exame e a concessão de pedidos de patentes relacionados a tecnologias ambientalmente amigáveis, contribuindo para a inovação relacionada à sustentabilidade (SANTOS *et al.*, 2015).

A Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual 2021-2030 (BRASIL, 2020) traz entre os seus objetivos a promoção do desenvolvimento regional por meio da exploração da Propriedade Intelectual (PI). O intuito é fomentar a geração e o uso estratégico da propriedade intelectual, objetivando a promoção da competitividade e do desenvolvimento de negócios capazes de resultar em maior competitividade e em aumento na geração de renda, com o adequado cuidado com as especificidades e competências regionais. Entender como determinada região utiliza esses mecanismos de fomento ao desenvolvimento sustentável torna-se importante para o delineamento de políticas e de projetos que possam auxiliar ou potencializar a implementação e o desenvolvimento de tecnologias com essas características.

Dessa forma, o uso das patentes se propõe a desempenhar um papel importante, uma vez que a proteção patentária possibilita a reunião e a sistematização de tais tecnologias que facilitam sua identificação via mecanismos, conferindo de tal modo o poder de instigar a concorrência para a inovação e pesquisas, além de possibilitarem o retorno do investimento realizado na inovação por meio de licenças (RICHTER, 2014).

### 3.5 PATENTES

A palavra “patente” origina-se do latim e é empregada como expressão técnica para designar documento ou ato escrito por meio do qual uma autoridade administrativa concede título ou privilégio (PATENTES, 2011). No Brasil, a Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996 – Lei da Propriedade Industrial - é a que estabelece e regula os tramites legais para a obtenção do registro de patente. As concessões podem incentivar as empresas a investirem recursos para o desenvolvimento de novas tecnologias e com isso, que a sociedade seja beneficiada pela disponibilização de novos produtos. De acordo com a Lei, as patentes de invenção se extinguem em 20 anos, o que pode não ser interessante para muitas empresas, mas o segredo industrial pode ser mantido, podendo ser passado para as gerações futuras (ASSIS FILHO, 2022).

Os números de pedidos recebidos foram maiores em 2021 do que em 2020. Os aumentos mais significativos aconteceram na África do Sul (+63,9%), em Israel (+18,3%), no México (+12,9%), na Austrália (+10,6%) e em Singapura (+10%) – todos com crescimento de dois dígitos (WIPO, 2022). A situação no Brasil é de estabilidade, visto que em 2020 foram 27091 pedidos, contra 26921 em 2021 (INPI, 2022).

Com o número de documentos de patentes no mundo aumentando, há também o crescimento da demanda por algoritmos e sistemas que executem tarefas de categorização automática (KIM; CHOI, 2007). As patentes são estruturadas para incluir as reivindicações, propósitos, efeitos e modalidades da invenção, para melhorar o gerenciamento, pesquisa e recuperação de patentes, escritórios de patentes em todo o mundo devem atribuir códigos de classificação a cada pedido de patente para que patentes com características semelhantes possam ser colocadas no mesmo subdiretório. Portanto, não é surpreendente que diferentes hierarquias de classificação tenham sido propostas por diferentes escritórios de patentes em todo o mundo. Normalmente, cada escritório nacional de patentes usa sua própria hierarquia, como a Classificação de Patentes dos Estados Unidos (USPC) nos Estados Unidos, a Classificação Europeia (ECLA) para a União Europeia, o Índice de Arquivos (FI) para o Japão e assim por diante (TIKK; BIRÓ; TÖRCSVÁRI, 2008).

Dentre esses sistemas de classificação, o mais importante é o IPC, um complexo sistema de classificação hierárquica composto por seções, classes, subclasses e grupos, que é uma taxonomia padrão desenvolvida e mantida pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) para classificação de patentes e formulários. O IPC abrange todas as áreas de tecnologia e atualmente é utilizado por escritórios de propriedade industrial em mais de 90 países (FALL, TÖRCSVÁRI; FIEVÉT; KARETKA, 2004). Inclui cerca de 80.000 categorias que cobrem toda a gama de tecnologias industriais. Oito seções (A a H) estão no nível mais alto

da hierarquia, seguidas por 128 classes, 648 subclasses, cerca de 7.200 grupos principais e aproximadamente 72.000 subgrupos no nível inferior (TIKK; BIRÓ; TÖRCSVÁRI, 2007).

O tratamento da questão do patenteamento dos resultados de pesquisa originados nas instituições, passou a ser realizado a partir da entrada em vigor do Decreto N° 2553, de 16 de abril de 1998, que regulamenta artigos da lei relativos a patentes, assim como o compartilhamento devido a pesquisadores de instituições públicas. A partir desse decreto, a todo servidor da administração pública (direta, indireta e fundacional) que desenvolver uma invenção suscetível ao patenteamento será assegurado, a título de incentivo, durante toda a vigência da patente ou do registro, a premiação de parcela do valor das vantagens auferidas pelo órgão ou entidade com a exploração que patenteou o registro. Cabe às universidades a necessidade de estabelecer regras internas para a execução das medidas dispostas no decreto, assim como uma sensibilização sobre a importância das patentes no meio acadêmico (RITTER; ROSSI, 2002).

A divulgação pública dos conhecimentos advindos desses documentos pode promover à sociedade novos conhecimentos técnicos, que fomentarão a promoção de novas invenções. Essas informações podem ser utilizadas para estudos de prospecção tecnológica, pois são indicadores relevantes para avaliar a capacidade de uma região ou país transformar o conhecimento científico em produto ou resultado tecnológico, contribuindo em decisões e providências administrativas e gerenciais (ASSIS FILHO, 2022).

Portanto, o mapeamento patentário é considerado importante pois ao aplicá-lo é possível identificar novas tecnologias, relacionamentos entre empresas e inventores, países com maior atenção aos desenvolvimentos de inovação e proteção de dados e um mapeamento dos principais centros de P&D do mundo (FERRAZ *et al.*, 2016).

Esses estudos são realizados em banco de dados patentários permitindo que o pesquisador entenda a tecnologia que está desenvolvendo, identifique pontos fortes e fracos de sua invenção e reconheça um diferencial realmente inédito. Além disso, servem como ferramenta para compreender a evolução tecnológica em determinado setor, as perspectivas de mercado, possibilitando que empresas melhorem seus processos produtivos estimulados por outros métodos já existentes e desenvolvam novas tecnologias com base nas tendências mais atuais (SANTOS *et al.*, 2021).

## 4 METODOLOGIA

O presente estudo baseou-se na realização de um mapeamento patentário direcionado para as técnicas aplicadas no processo de hidrólise de biomassa com registro no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), tornando-se de caráter descritivo e exploratório, além de apresentar característica quantitativa, pois resultou em um tratamento numérico do conjunto de dados, desde a análise das quantidades de informações coletadas, passando pela coleta de dados brutos em documentos de patentes, até a categorização final do conjunto de dados obtido.

Partiu-se da revisão da literatura, por meio da qual se obteve uma conceituação inicial da metodologia aplicada no processamento da biomassa, bem como a definição e o entendimento detalhado da matéria-prima e dos catalisadores que são aplicados.

A partir dessa conceituação, foi possível parametrizar a área de interesse do estudo, delimitada pelo termo hidrólise de biomassa, sendo que esse grupo formou a base para as buscas subsequentes nos documentos patentários. Com isso, o estudo consistiu na realização de um mapeamento patentário voltado para os processos e equipamentos aplicados no processamento da biomassa por meio da hidrólise.

Em seguida, para efetuar a etapa de levantamento dos documentos de patentes, fez-se necessário selecionar uma base de dados dedicada à busca e recuperação dos documentos. Para isso, a base deveria cumprir requisitos básicos, como ser confiável e viável, isto é, estar disponibilizada em um conjunto amostral robusto em patentes e ser facilmente acessível. Desta forma, a metodologia se estabeleceu a partir de evidências colhidas na base de dados do INPI. Foi escolhido esse banco de pesquisa, pois é nacional e apresenta resultados fidedignos e atualizados sobre a situação de pedidos de patentes no país.

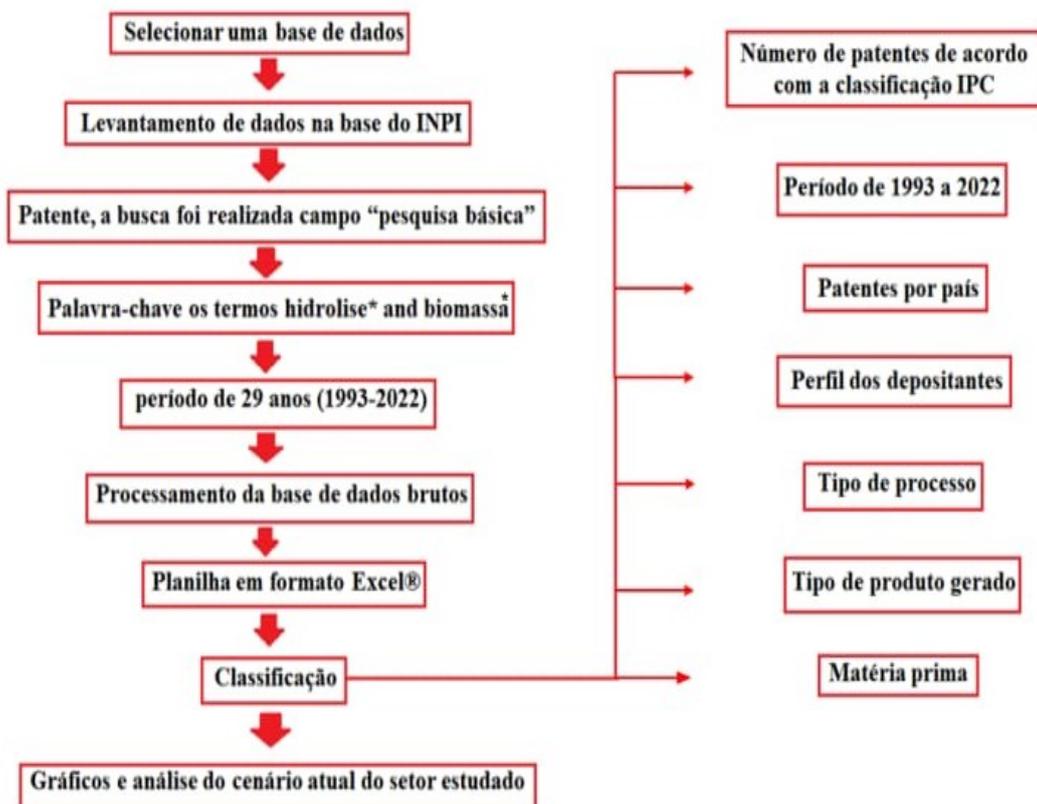
O próximo passo foi o de elaborar uma estratégia de busca aplicável à plataforma. Com isso, a pesquisa na base de dados do de periódicos *Science direct* e INPI se deu através da aba “patente”, e a busca foi realizada através do campo “pesquisa básica”, preenchendo-o com a palavra-chave os termos hidrólise\* and biomassa\*. Todas as patentes obtidas no período de 29 anos (1993-2022) foram observadas e assim separadas as que se enquadravam no objetivo da pesquisa.

Finalizada a etapa de levantamentos de dados, passou-se à etapa de processamento da base de dados brutos. Os dados brutos recuperados da base do INPI foram analisados e as informações de interesse foram exportadas para uma planilha em formato Excel®. Após a exportação, foi realizada uma classificação a partir das seguintes características: número de

patentes no INPI de acordo com a classificação principal – IPC; número de patentes no INPI por ano no período de 1993 a 2022; distribuição de depósitos de patentes por país; Perfil dos depositantes; número de patentes conforme o tipo de processo, o tipo de produto gerado e matéria prima aplicada. A partir disso, foram gerados gráficos que permitiram realizar a análise do cenário atual do setor estudado.

Na Figura 5, é apresentado o fluxograma com os passos seguidos para o desenvolvimento da metodologia.

**Figura 5 - Fluxograma da metodologia**



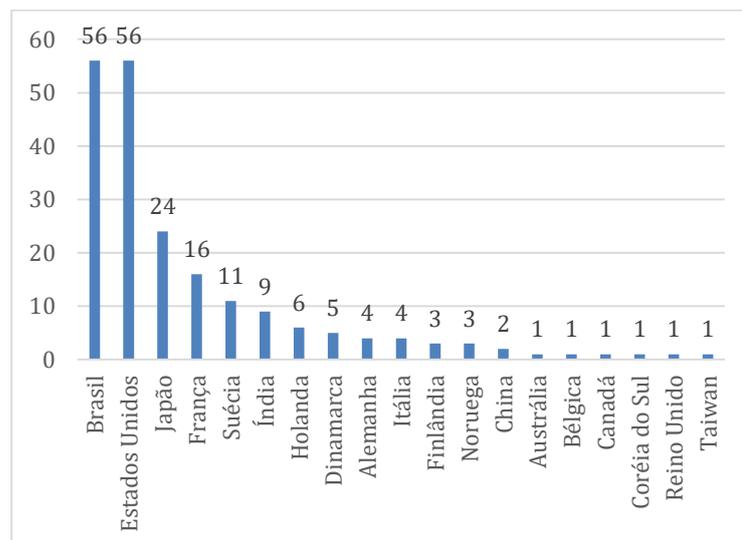
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento realizado na base de dados do INPI, foram observados 224 depósitos de patentes no período de 1993 a 2022, sendo utilizada a Pesquisa Básica com os termos hidrólise\* and biomassa\*. Após a leitura dos títulos e resumos de cada pedido, foram identificados 205 documentos relacionados diretamente ao tema do trabalho. Na Figura 5, encontra-se o detalhamento dos dados coletados, em relação à classificação IPC. Uma busca simples na base de dados da OMPI, usando a página patentscope, com os termos hydrolysis\* and biomass\* resultou em 3078 registros, para o mesmo período. Mesmo considerando que parte desses pedidos podem não ter relação com o processamento da biomassa por hidrólise, e que alguns devem ter registro também na base nacional, o número de registros na base do INPI representa aproximadamente 7% do número encontrado na base internacional.

Ao utilizar os mesmos termos de busca, na base de dados de periódicos *Science direct*, considerando o mesmo período, de 1993 a 2022, foram encontrados 78800 registros, com aumento a cada ano, o que indica o aumento dos estudos realizados na área, com maior interesse de pesquisadores na divulgação dos resultados por meio de artigos em periódicos.

Para a construção da Figura 6, considerou-se a classificação IPC apresentada na página de Resultado da Pesquisa.

**Figura 6** - Número de patentes no INPI de acordo com a classificação principal - IPC



**Fonte:** INPI

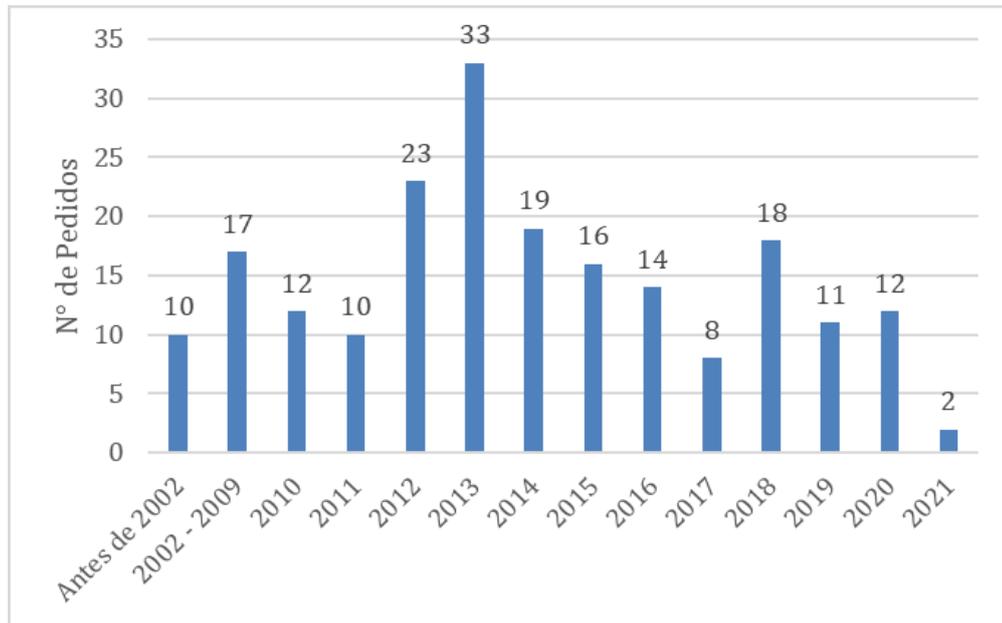
Como observado na Figura 6, após a seleção realizada com relação aos temas abordados nos documentos, restaram 205 depósitos referentes ao processamento da biomassa por hidrólise. Ao analisar a Classificação IPC da página resultado da pesquisa, foram observados

pedidos referentes as seções B, sobre operações de processamento, c, sobre química e metalurgia e D, sobre têxteis e papel. levando em consideração o grupo principal e subgrupos, dentre as classificações que mais se repetiram, destacaram-se a C12P 7/06 com 17,6% das ocorrências (36 pedidos), seguida da C12P 19/14 com 7,3% (15 pedidos), C13K 1/02, representando 6,8% (14 pedidos) e C12P 19/02 com 5,9% (12 pedidos). A Classe C12P refere-se aos processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado, sendo o grupo 7 associado a preparação de compostos orgânicos contendo oxigênio e o grupo 19 a preparação de compostos contendo radicais sacarídeos. A Classe 13K está associada a sacarídeos outros que não a sacarose, obtidos de fontes naturais ou por hidrólise dos di, oligo ou polissacarídeos de ocorrência natural, com o grupo 1 referente à Glicose.

Para as classificações C12N 9/42 e C8H 8/00 foram observados respectivamente, 4,4 % (9 pedidos) e 3,9% (8 pedidos) dos resultados. As demais classificações foram observadas em números menores, sendo as que apresentaram menos de 5 ocorrências agrupadas no gráfico como outras classes, sendo encontrados 70 pedidos na seção c, dentre os quais a maioria (18 pedidos) se enquadra na classe C12P, referente aos processos de fermentação ou processos que utilizem enzimas para sintetizar uma composição ou composto químico desejado. outros 16 pedidos foram observados na seção b, com destaque para 6 observações na classe B01J, sobre processos químicos ou físicos. Os 8 pedidos restantes, que se enquadraram como outras classes, se enquadram na Seção D, classe D21C, sobre produção da celulose por eliminação de substâncias não celulósicas de materiais contendo celulose; regeneração de licores de polpa; aparelhos para esse fim.

A verificação da seção e classificação em que se enquadram os pedidos de patente analisados é importante, pois estas informações podem indicar com mais detalhes o campo de atuação em que foi realizado o estudo para o desenvolvimento dos documentos, o que pode facilitar a busca de anterioridade por pesquisadores ou profissionais que pretendam solicitar novos pedidos de patente na área identificada por essa classificação (PERUCCHI; MUELLER, 2014).

Na Figura 7 é possível observar a evolução anual dos depósitos entre 1993 e 2022.

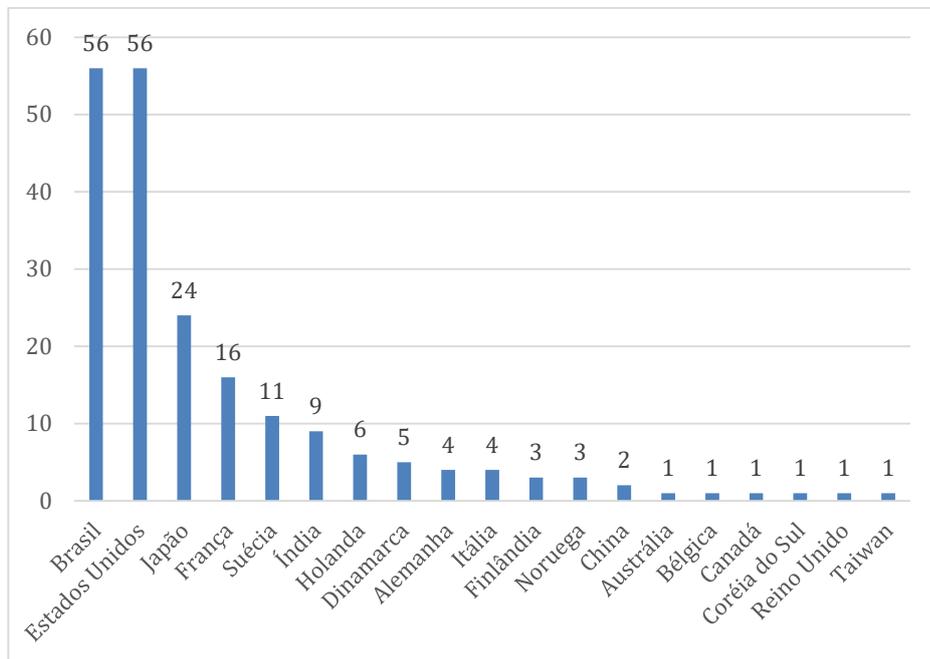
**Figura 7 - Número de patentes no INPI no período de 1993 a 2022**

**Fonte:** INPI

Ao realizar a consulta, separando os resultados por data, foi possível observar que o pedido mais recente foi registrado em março do ano de 2021. Em relação aos outros anos, 2013 foi o que mais se destacou com 33 patentes depositadas, sendo esse o pico de registro para o período estudado (1993-2022). Após o ano de 2013, entre 2014 e 2020, houve uma grande redução dos números, sendo observados entre 8 e 19 pedidos, e em 2021 foram registrados apenas dois depósitos.

Levando em consideração o número total de patentes registradas no Brasil, entre 2013 e 2020, também foi observada uma redução, chegando a 20%. Em 2013 somaram-se 34 mil registros no INPI, número que diminuiu para 27 mil em 2020. No entanto, algumas empresas e universidades, que são as grandes responsáveis pelo maior número de patentes no país, e tiveram um decréscimo nos últimos anos, começam a dar sinais de maior inovação, o que pode indicar a retomada no número de pedidos e aumento dos registros nos anos posteriores (AGÊNCIA SENADO, 2021).

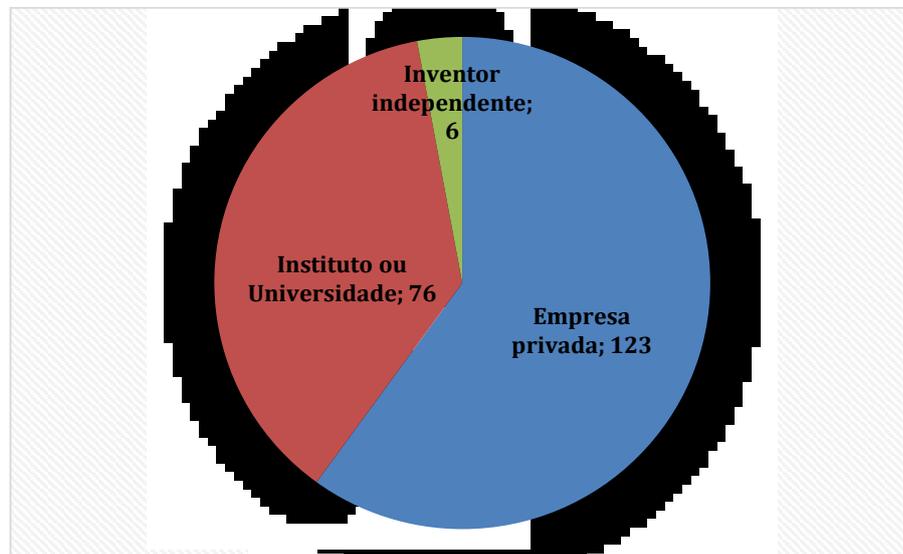
A distribuição dos depósitos por país em que a patente foi desenvolvida, é apresentada na Figura 8.

**Figura 8 - Distribuição de depósitos de patentes por país**

**Fonte:** INPI

Como pode ser observado na análise da base de dados do INPI, os maiores depositantes sobre o tema são os Estados Unidos e o Brasil, com 56 registros. Na sequência encontram-se o Japão (24), França (16), Suécia (11) e Índia (9). Outros países apresentaram números inferiores a 6 pedidos, durante todo o período estudado. Sobre esses dados, destaca-se que a maior parte das patentes registradas no Brasil são de depositantes de outros países, o que pode indicar a necessidade de maiores investimentos e uma maior divulgação sobre o tema relativo à propriedade industrial e elaboração de patentes, uma vez que grande parte dos pesquisadores ainda tem preferido divulgar os resultados de seus estudos em periódicos, mesmo esses resultados apresentando potencial de inovação. Além disso, dos 56 pedidos em que o depositante é do Brasil, 44 ocorreram após o ano de 2011, indicando que o interesse pela confecção desse tipo de documento, relacionado a hidrólise de biomassa, apresentou leve aumento nos últimos 10 anos.

Para entender melhor essa distribuição, também foi realizada a classificação dos pedidos de acordo com o perfil dos depositantes, apresentada na Figura 9.

**Figura 9.** Perfil dos depositantes na base INPI

**Fonte:** INPI

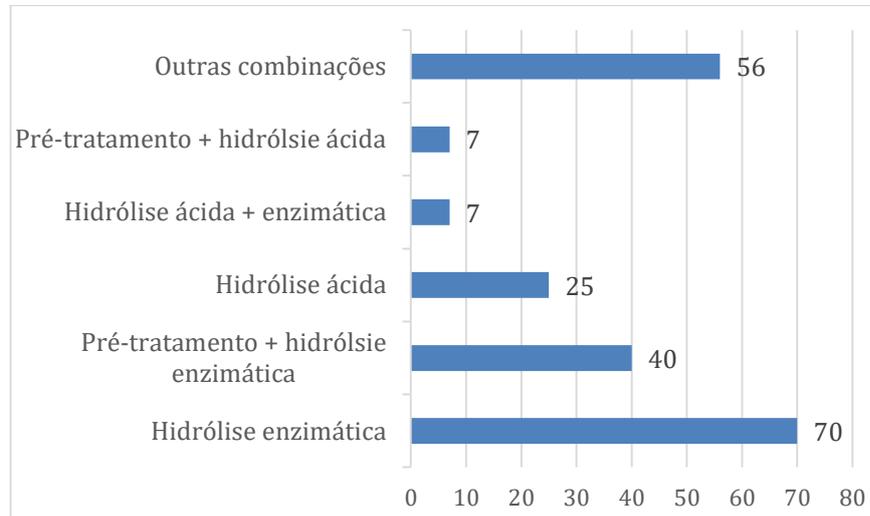
Após essa classificação, foi possível verificar que a maioria dos depositantes, 60% (123 pedidos), é constituída por empresas privadas. Os Institutos ou Universidades foram responsáveis por 37% (76 pedidos) dos registros, e apenas 3% (6 pedidos) dos depositantes são inventores independentes.

Dos 56 pedidos em que o depositante se encontra no Brasil, 44 deles são de Institutos ou Universidades, o que representa 78,6%. Desses 44 pedidos realizados por Institutos ou Universidades, mais da metade, 23, ocorreram a partir do ano de 2015. Embora o Governo Federal esteja desenvolvendo e investindo em algumas ferramentas para aumentar o potencial de inovação do país, os resultados nas Universidades no Brasil ainda precisam melhorar, para que o número de pedidos na base nacional seja maior que os de outros países. Além disso, os dados demonstram a necessidade de estimular parcerias entre Universidades e empresas privadas, o que pode fomentar o aumento do interesse em inovação e facilitar a sua transformação em patentes.

Foi observado que a partir da classificação IPC, é possível ter uma indicação do tipo de tecnologia que foi estudada para a solicitação do registro. Contudo, um maior detalhamento se faz necessário para que a tomada de decisão para novos pedidos na área tenham sucesso e a patente seja publicada. Nesse sentido, classificações sobre as técnicas de hidrólise aplicadas, matéria-prima utilizada e produtos gerados, também foram realizadas. Na Figura 10, são

apresentados os números de patentes classificados de acordo com os tipos de processamento aplicado.

**Figura 10** - Número de patentes conforme o tipo de processo



**Fonte:** INPI

Conforme apresentado na Figura 10, na maioria dos estudos com depósitos foi aplicada a hidrólise enzimática, 34,15% dos pedidos, em seguida combinações de outros métodos (27,32%), pré-tratamento combinado com hidrólise enzimática (19,51%), hidrólise ácida (12,2%) e por fim o pré-tratamento combinado com hidrólise ácida e hidrólise ácida combinado com hidrólise enzimática, ambos representando 3,41%. De todas as patentes avaliadas, 65 se referem a processos combinados e entre essas, 44 foram registrados a partir de 2016. A descoberta e investigação de caminhos eficientes para a conversão de biomassa em combustíveis e produtos químicos, por mais estudos e patentes que se encontrem aplicando, principalmente a hidrólise ácida e enzimática, por todas as vantagens apresentadas, ainda apresenta desafios. As propriedades específicas da biomassa impõem novos requisitos aos processos, o que tem estimulado o estudo de técnicas combinadas.

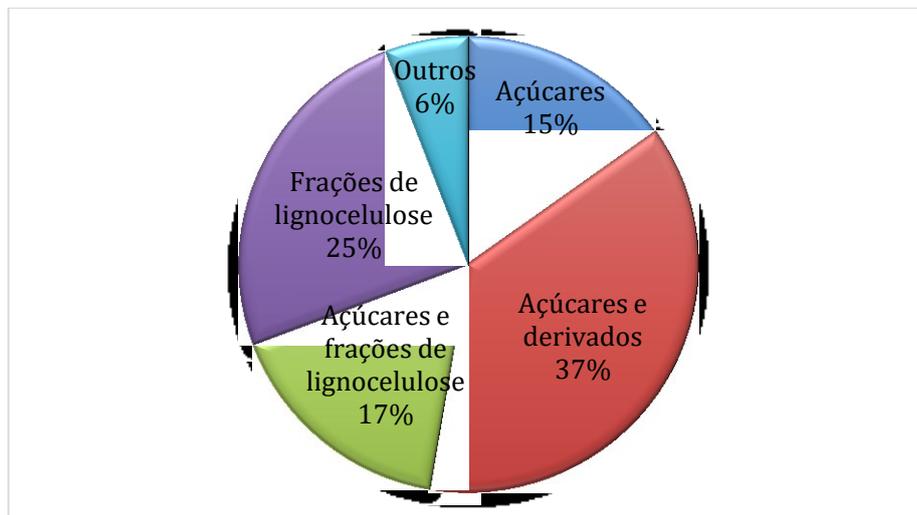
Uma alternativa que também vem sendo estudada é a aplicação de catalisadores sólidos para a conversão direta e seletiva da biomassa. Estes, podem superar a maioria das desvantagens dos catalisadores homogêneos, e também possuem muitas propriedades interessantes e vantagens como a alta seletividade e atividade, boa estabilidade, capacidade de ser facilmente separado do produto reacional, podendo ser reutilizados, causam baixo nível de desgaste dos equipamentos industriais, proporcionam menor geração de efluentes, além de o produto obtido não necessitar de neutralização (SHEN *et al.*, 2014; RAMLI E AMIN, 2014; PALERMO,

SATHICQ e ROMANELLI, 2020; ABDU *et al.*, 2020). Vale ressaltar que nenhuma patente sobre os catalisadores sólidos foi encontrada na base de dados do Brasil, tornando essa tecnologia ainda mais atrativa.

Com relação ao tipo de matéria prima utilizada, na maior parte dos registros (182) foi citada a biomassa lignocelulósica, de forma genérica, sendo que apenas em 23 foi especificado o tipo de biomassa a ser aplicado, como por exemplo resíduos do processamento da cana de açúcar, caule de bananeira e lixo urbano. Essa informação indica que, inicialmente, o processo proposto na patente pode ser aplicado a qualquer material que apresente em sua composição majoritariamente celulose, hemicelulose e lignina.

Levando em consideração os produtos que podem ser obtidos após o processamento da biomassa, a classificação gerada pode ser observada na Figura 11.

**Figura 11.** Número de patentes conforme o tipo de produto gerado.



**Fonte:** INPI

Como pode ser observado na Figura 11, de todos os produtos gerados, o que esteve presente na maior parte dos registros foram os açúcares, em que a soma de classes em que ele foi citado representa 69% do total analisado. As frações lignocelulose foram citadas como produto em 25% dos registros e outros produtos em apenas 6%.

Como a biomassa apresenta em seus componentes principais açúcares poliméricos (celulose e hemicelulose) e lignina, esses componentes podem ser utilizados para a produção de diversos produtos de valor agregado, como etanol, aditivos alimentares, ácidos orgânicos, enzimas e biogás. A produção de biocombustíveis e produtos químicos alternativos a partir de biomassa é considerada uma das estratégias mais promissoras para substituir os combustíveis fósseis não renováveis (MAITAN-ALFENAS; VISSER; GUIMARÃES, 2015).

## 6 CONCLUSÕES

- Verificou-se um total de 205 patentes no período de 1993 até 2022.
- Houve um crescimento significativo no número de registros entre 2010 e 2013, com posterior redução e estabilização no número de registros, sendo observada uma média de 13 registros por ano, no período de 2014 a 2022.
- O país de origem dos depositantes também foi analisado, e no total, 73% dos registros são de outros países, entretanto em números absolutos o Brasil apresentou um dos maiores números, com 56 pedidos.
- Em relação ao perfil dos depositantes, a maior parte dos pedidos é realizado por empresas privadas, seguida de institutos ou universidades. No Brasil, os principais depositantes são universidades.
- Com relação ao tipo de processo, houve maior aplicabilidade da hidrólise enzimática, para processamento de qualquer biomassa lignocelulósica, gerando principalmente os açúcares presentes na estrutura do material.
- Essas estatísticas permitem também mensurar a inventividade de países, regiões, empresas ou inventores individuais, e podem ser usadas para mapear a dinâmica dos processos de inovação.

## REFERÊNCIAS

- ABDELAZIZ, O. Y.; BRINK, D. P.; PROTHMANN, J.; RAVI, K.; SUN, M.; GARCÍA-HIDALGO, J.; GORWA-GRAUSLUND, M. F. Biological valorization of low molecular weight lignin. **Biotechnology advances**, v. 34, n. 8, p. 1318-1346, 2016.
- ABDU, H. I., EID, K.; ABDULLAH, A. M.; HAN, Z.; IBRAHIM, M. H.; SHAN, D.; LU, X. UNVEILING one-pot scalable fabrication of reusable carboxylated heterogeneous carbon-based catalysts from eucalyptus plant with the assistance of dry ice for selective hydrolysis of eucalyptus biomass. **Renewable Energy**, v. 153, p. 998-1004, 2020.
- ABRAHAM, A.; MATHEW, A. K.; PARK, H.; CHOI, O.; SINDHU, R.; PARAMESWARAN, B.; SANG, B. I. Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass. **Bioresource Technology**, v. 301, p. 122725, 2020.
- AFTAB, M. N.; IQBAL, I.; RIAZ, F.; KARADAG, A.; TABATABAEI, M. Different pretreatment methods of lignocellulosic biomass for use in biofuel production. **Biomass for bioenergy-recent trends and future challenges**, p. 1-24, 2019.
- AGÊNCIA SENADO. **Queda de registros de patentes no Brasil preocupa debatedores**. (2021). Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2021/09/24/queda-de-registros-de-patentes-no-brasil-preocupa-debatedores>>. Acesso em: 06 de out de 2022.
- ASOMANING, J.; HAUPT, S.; CHAE, M.; BRESSLER, D. C. Recent developments in microwave-assisted thermal conversion of biomass for fuels and chemicals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, p. 642-657, 2018.
- ASSIS FILHO, J. C. A. de. **Mapeamento Patentário: Estudo de Caso das Receitas Cervejeiras que contém em sua Composição Adjunto de Origem Vegetal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – PB, 2022.
- BAI, Y.Y.; XIAO, L. P.; SUN, R. C. Microwave-assisted conversion of biomass derived hemicelluloses into xylo-oligosaccharides by novel sulfonated bamboo-based catalysts. **Biomass and Bioenergy**, v. 75, p. 245-253, 2015.
- BAJPAI, P. Structure of lignocellulosic biomass. In: **Pretreatment of lignocellulosic biomass for biofuel production**. Springer, Singapore, 2016. p. 7-12.
- BALLESTEROS, I.; NEGRO, M. J.; OLIVA, J. M.; CABAÑAS, A.; MANZANARES, P.; BALLESTEROS, M. Ethanol production from steam-explosion pretreated wheat straw. In: **Twenty-seventh symposium on biotechnology for fuels and chemicals**. Humana Press, p. 496-508. 2006.
- BARBOSA, D. B. **Uma introdução à propriedade intelectual**. 2. Ed. Lumen Juris: Rio de Janeiro, p. 23, 2003.
- BARBOSA, J. A. **Prospecção tecnológica aplicada à avaliação de tecnologias para recuperação avançada de petróleo**. Orientador: Profa. Dra. Dra. Adelaide Maria de Souza Antunes. 2020. 210 f. Tese (Doutorado em Propriedade Intelectual e Inovação) - Academia de Propriedade Intelectual Inovação e Desenvolvimento, Divisão de Pós-Graduação e Pesquisa, Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, Rio de Janeiro, 2020.

BESSION, M.; GALLEZOT, P.; PINEL, C. Conversion of biomass into chemicals over metal catalysts. **Chemical reviews**, v. 114, n. 3, p. 1827-1870, 2014.

BHATTARAI, S.; BOTTENUS, D.; IVORY, C. F.; GAO, A. H.; BULE, M.; GARCIA-PEREZ, M.; CHEN, S. Simulation of the ozone pretreatment of wheat straw. **Bioresource technology**, v. 196, p. 78-87, 2015.

BIELY, P. Microbial xylanolytic systems. **Trends in biotechnology**, v. 3, n. 11, p. 286-290, 1985.

BOBLETER, O. Hydrothermal degradation of polymers derived from plants. **Progress in polymer science**, v. 19, n. 5, p. 797-841. 1994

BRANCO, G.; SANTOS, C. S. A.; BOCCHINO, L. D. O.; TIBOLA, S. A.; RASOTO, V. I. **Propriedade Intelectual**. Curitiba, PR: Aymar, 2011. 95 p. ISBN 978-85-7841-757-4.

BRASIL. ENPI - Estratégia Nacional de Propriedade Intelectual. (2020). Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/propriedade-intelectual/estrategia-nacional-de-propriedade-intelectual>>. Acesso em: 16 de Fev de 2023.

BROGATTO, J. **Avaliao do potencial da casca de Eucalyptus spp. para a produo de bioetanol**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARVALHO, R. S. de. **Avaliao da produo de furfural a partir da xilose utilizando catalisadores de nobio**. 2018.

CHAI, Y.; BAI, M.; CHEN, A.; YUAN, J.; PENG, C.; ZHAO, D.; QIN, P. Cr-Mn bimetallic functionalized USY zeolite monolithic catalyst for direct production of 2, 5-Furandicarboxylic acid from raw biomass. **Chemical Engineering Journal**, v. 429, p. 132173, 2022.

CHEUNG, S. W.; ANDERSON, B. C. Ethanol production from wastewater solids. **Water Environment and Technology**, v. 8, n. 5, 1996.

COELHO, S. T. **Panorama do potencial de biomassa no Brasil**. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2002.

COSTA, B. E. B.; DA CRUZ, R. S.; RANGEL, F. C.; MENEGHETTI, S. M. P. Comparao entre a Hidrólise Química e Enzimática da Biomassa Lignocelulósica para a Produo de Bioetanol: uma Revisão. **Revista Virtual de Química**. 13 (1), 242-259, 2021.

DARMAWAN, A.; AZIZ, M. Process and products of biomass conversion technology. **Innovative Energy Conversion from Biomass Waste**, p. 25, 2021.

DEMIRBAS, A. Biorefineries: Current activities and future developments. **Energy conversion and management**, v. 50, n. 11, p. 2782-2801, 2009.

DENG, A.; LIN, Q.; YAN, Y.; LI, H.; REN, J.; LIU, C.; SUN, R. A feasible process for furfural production from the pre-hydrolysis liquor of corncob via biochar catalysts in a new biphasic system. **Bioresource technology**, v. 216, p. 754-760, 2016.

DUSSELIER, M; MASCAL, M; SELS, B. F. Top chemical opportunities from carbohydrate biomass: a chemist's view of the biorefinery. **Selective catalysis for renewable feedstocks and chemicals**, p. 1-40, 2014.

- FALL, C. J.; TÖRCSVÁRI, A.; FIÉVET, P.; KARETKA, G. Automated categorization of German-language patent documents. **Expert Systems with Applications**, v. 26, n. 2, p. 269-277, 2004.
- FANG, L. T.; GHARPURAY, M. M.; LEE, Y. H. **Cellulose hydrolysis biotechnology monographs**. 1987.
- FERRAZ, R. R. N.; QUONIAM, L.; REYMOND, D.; MACCARI, E. A. Example of open-source OPS (Open Patent Services) for patent education and information using the computational tool Patent2Net. **World Patent Information**, v. 46, p. 21-31, 2016.
- FERREIRA, S.; DUARTE, A. P.; RIBEIRO, M. H.; QUEIROZ, J. A.; DOMINGUES, F. C. Response surface optimization of enzymatic hydrolysis of *Cistus ladanifer* and *Cytisus striatus* for bioethanol production. **Biochemical Engineering Journal**, v. 45, n. 3, p. 192-200, 2009.
- FERRINI, P.; RINALDI, R. Catalytic biorefining of plant biomass to non-pyrolytic lignin bio-oil and carbohydrates through hydrogen transfer reactions. **Angewandte Chemie**, v. 126, n. 33, p. 8778-8783, 2014.
- FESTUCCI-BUSELLI, R. A.; OTONI, W. C.; JOSHI, C. P. Structure, organization, and functions of cellulose synthase complexes in higher plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 1-13, 2007.
- FIGUEIREDO, L. H. M.; MACEDO, M. F. G.; PENTEADO, M. de O. **Noções de propriedade intelectual-patenteamento na Embrapa: conceitos e procedimentos**. Embrapa Assessoria de Inovação Tecnológica, 2008.
- GÁMEZ, S.; GONZÁLEZ-CABRIALES, J. J.; RAMÍREZ, J. A.; GARROTE, G.; VÁZQUEZ, M. Study of the hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. **Journal of food engineering**, v. 74, n. 1, p. 78-88, 2006.
- HAMELINCK, C. N.; VAN HOOIJDONK, G.; FAAIJ, A. P. C. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle-and long-term. **Biomass and bioenergy**, v. 28, n. 4, p. 384-410, 2005.
- HASSAN, S. S.; RAVINDRAN, R.; JAISWAL, S.; TIWARI, B. K.; WILLIAMS, G. A.; JAISWAL, A. K. AN evaluation of sonication pretreatment for enhancing saccharification of brewers' spent grain. **Waste Management**, v. 105, p. 240-247, 2020.
- HIJAZIN, C. A. H. **Descromagem de resíduos de couro (serragem de rebaixadeira)**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.
- HUBER, G. W.; IBORRA, S.; CORMA, A. Synthesis of transportation fuels from biomass: chemistry, catalysts, and engineering. **Chemical reviews**, v. 106, n.9, .4044-4098. 2006.
- INPI-Instituto Nacional da Propriedade Industrial. **Boletim Mensal de Propriedade Industrial**. (2021). Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/central-de-conteudo/estatisticas/arquivos/publicacoes/boletim-mensal-de-propriedade-industrial-janeiro-de-2022.pdf>>. Acesso em: 06 de out de 2022.
- JUNG, Y. H.; KIM, K. H. Chapter 3-acidic pretreatment. **Pretreatment of Biomass; Pandey, A., Negi, S., Binod, P., Larroche, C., Eds**, p. 27-50, 2015.

JUNGMANN, D. de M.; BONETTI, E. A. A caminho da inovação: proteção e negócios com bens de propriedade intelectual: guia para o empresário. Brasília: IEL, 2010a. \_\_. **Inovação e propriedade intelectual: guia para o docente. Brasília: SENAI**, 2010a.

JUNGMANN, D. M.; BONETTI, E. A. Towards innovation: protection and business with intellectual property assets: a guide for the entrepreneur. **Brasília: IEL**, 2010b.

KARIMI, B.; MANSOURI, F.; MIRZAEI, H. M. Recent Applications of Magnetically Recoverable Nanocatalysts in C–C and C–X Coupling Reactions. **ChemCatChem**, v. 7, n. 12, p. 1736-1789, 2015.

KIM, J.-H.; CHOI, K.-S. Patent document categorization based on semantic structural information. **Information processing & management**, v. 43, n. 5, p. 1200-1215, 2007.

KOKEL, A.; SCHÄFER, C.; TÖRÖK, B. Application of microwave-assisted heterogeneous catalysis in sustainable synthesis design. **Green Chemistry**, v. 19, n. 16, p. 3729-3751, 2017.

KOOTSTRA, A. M. J.; BEEFTINK, H. H.; SCOTT, E. L.; SANDERS, J. P. Optimization of the dilute maleic acid pretreatment of wheat straw. **Biotechnology for Biofuels**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2009.

KUBELKA, L. G. **Mapeamento tecnológico sobre conservadores químicos em bebida não alcoólicas**. Orientador: Profa. Karen Signori Pereira. 2021. 84 p. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

KUMARI, D.; SINGH, R. Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: a critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 90, p. 877-891, 2018.

LAM, E.; LUONG, J. HT. Carbon materials as catalyst supports and catalysts in the transformation of biomass to fuels and chemicals. **ACS catalysis**, v. 4, n. 10, p. 3393-3410, 2014.

LAURSEN, A. B.; SEHESTED, J.; CHORKENDORFF, I.; VESBORG, P. C. Availability of elements for heterogeneous catalysis: Predicting the industrial viability of novel catalysts. **Chinese Journal of Catalysis**, v. 39, n. 1, p. 16-26, 2018.

LEE, J.; KIM, K. H.; KWON, E. E. Biochar as a catalyst. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, p. 70-79, 2017.

LIAN, X.; XUE, Y.; ZHAO, Z.; XU, G.; HAN, S.; YU, H. Progress on upgrading methods of bio-oil: a review. **International Journal of Energy Research**, v. 41, n. 13, p. 1798-1816, 2017.

LIAO, L.; LIU, Y.; LI, Z.; ZHUANG, J.; ZHOU, Y.; CHEN, S. Catalytic aerobic oxidation of 5-hydroxymethylfurfural into 2, 5-diformylfuran over VO<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> immobilized on amino-functionalized core-shell magnetic Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>. **RSC advances**, v. 6, n. 97, p. 94976-94988, 2016.

LIMA, A. P. de. Desenvolvimento, caracterização e aplicação de novos catalisadores poliméricos heterogêneos baseados em poliestireno sulfonado e polissulfona para produção de biodiesel metílico a partir do ácido oleico. Tese (Doutorado) – Doutorado em Biocombustíveis. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2018.

LIMA, J. A. de A. Digressões sobre Propriedade Intelectual como agente de desenvolvimento, Inovação e Estratégia. **Fórum HSM de Estratégia**, v. 10, n. 93, p. 45-55, 2006.

MACHADO, Samanta Soares. **Mapeamento tecnológico sobre uso de spent grains gerados em produção de cervejas: Utilização de documento de patentes como fonte de informação tecnológica e identificação de oportunidade para o Brasil.** Trabalho de conclusão de curso (Mestrado em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2021.

MAITAN-ALFENAS, G. P.; VISSER, E. M.; GUIMARÃES, V. M. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass: converting food waste in valuable products. **Current Opinion in Food Science**, v. 1, p. 44-49, 2015.

MARTINS, L.F. (2005). **Caracterização do complexo celulásico de *Penicillium echinulatum*.** 121p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MESA, A. C.; SPOKAS, K. A. Impacts of biochar (black carbon) additions on the sorption and efficacy of herbicides. **Herbicides and environment**, v. 13, p. 315-340, 2011.

NAKANISHI, A.; AIKAWA, S.; HO, S. H.; CHEN, C. Y.; CHANG, J. S.; HASUNUMA, T.; KONDO, A. Development of lipid productivities under different CO<sub>2</sub> conditions of marine microalgae *Chlamydomonas* sp. JSC4. **Bioresource Technology**, v. 152, p. 247-252, 2014.

NUNES, M. A. S. N. Produção Tecnológica na IE: prospecção e propriedade intelectual em Informática na Educação. **Jornada de Atualização em Informática na Educação**, v. 1, n. 1, 2013.

PALERMO, V.; SATHICQ, A. G.; ROMANELLI, G. P. Suitable transformation of compounds present in biomass using heteropolycompounds as catalysts. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 25, p. 100362, 2020.

PATENTES. (2011). Disponível em: <<https://saopaulomarcaspatentes.com.br/registros-e-patentes/patentes/>>. Acesso em: 23 jan. 2023.

PAUDEL, S. R.; BANJARA, S. P.; CHOI, O. K.; PARK, K. Y.; KIM, Y. M.; LEE, J. W. Pretreatment of agricultural biomass for anaerobic digestion: Current state and challenges. **Bioresource Technology**, v. 245, p. 1194-1205, 2017.

PERUCCHI, V.; MUELLER, S. P. M. Estudo com as patentes produzidas e o perfil dos inventores dos Institutos Federais de educação, ciência e tecnologia. 2014.

PETERSEN, M. Ø.; LARSEN, J.; THOMSEN, M. H. Optimization of hydrothermal pretreatment of wheat straw for production of bioethanol at low water consumption without addition of chemicals. **Biomass and Bioenergy**, v. 33, n. 5, p. 834-840, 2009.

POLITI, E. Química. 3. edição São Paulo. **Moderna**, 1982.

RALPH, J.; LANDUCCI, L. L.; HEITNER, C.; DIMMEL, D.; SCHMIDT, J. NMR of lignins, in Lignin and lignans: advances in chemistry. 2010.

RAMLI, N. A. S.; AMIN, N. A. S. Catalytic hydrolysis of cellulose and oil palm biomass in ionic liquid to reducing sugar for levulinic acid production. **Fuel Processing Technology**, v. 128, p. 490-498, 2014.

RATTANAPHRA, D.; TEMRAK, A.; NUCHDANG, S.; KINGKAM, W.; PURIPUNYAVANICH, V.; THANAPIMMETHA, A.; SRINOPHAKUN, P. Catalytic

behavior of La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-promoted SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZrO<sub>2</sub> in the simultaneous esterification and transesterification of palm oil. **Energy Reports**, v. 7, p. 5374-5385, 2021.

RIBEIRO, J. A. B. **Hidrólise de resíduos lignocelulósicos utilizando Extrato enzimático celulolítico produzido por *Trichoderma reesei* ATCC 2768**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RICHTER, F. A. As patentes verdes e o desenvolvimento sustentável/Green patents and sustainable development. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 383-398, 2014.

RINALDI, R.; JASTRZEBSKI, R.; CLOUGH, M. T.; RALPH, J.; KENNEMA, M.; BRUIJNINCX, P. C. A.; WECKHUYSEN, B. M. Paving the way for lignin valorisation: recent advances in bioengineering, biorefining and catalysis. **Angewandte Chemie, International Edition**, v. 55, n. 29, p. 8164–8215, 2016.

RITTER, M. E.; ROSSI, A. L. **Projeto “estímulo à criação e consolidação de núcleos de propriedade intelectual e transferência de tecnologia em instituições de ensino e pesquisa brasileiras”**. 2002.

ROMERO, I.; MOYA, M.; SÁNCHEZ, S., R.; E., CASTRO, E.; BRAVO, V. Ethanol fermentation of phosphoric acid hydrolysates from olive tree pruning. **Industrial Crops and Products**, v. 25, n. 2, p. 160-168, 2007.

ROZEMBERG, I. M. Química Geral. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002.

RUSSO, S. L.; SILVA, G. F.; NUNES, M. A. S. N. **Capacitação em inovação tecnológica para empresários**. São Cristóvão, p. 77-117, 2011.

SAIDUR, R.; ABDELAZIZ, E. A.; DEMIRBAS, A.; HOSSAIN, M. S.; MEKHILEF, S. A review on biomass as a fuel for boilers. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 15, n. 5, p. 2262-2289, 2011.

SAMPAIO, J. A.. **Caracterização de fibras de celulose recobertas por plasma**. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Materiais da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2013.

SANTOS, M. I. P.; SILVEIRA, M. F.; OLIVEIRA, E. D. A.; MARTELLI, D. R. B.; DIAS, V. O.; VERÍSSIMO, F. M.; MARTELLI-JUNIOR, H. Avaliação da produção científica, patentes e formação de recursos humanos da Enfermagem Brasileira. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 68, p. 846-854, 2015.

SANTOS, R. R.; MARTINEZ, M. E. M.; DOS REIS, M. C.; DE SANTIAGO, M. Q.; DOS REIS, P. C. Mapeamento Patentário Sobre Fertilizantes em um Cenário Brasileiro. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 1, p. 195-195, 2021.

SHAH, S.; VENKATRAMANAN, V. Advances in microbial technology for upscaling sustainable biofuel production. In: **New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering**. Elsevier, 2019. p. 69-76.

SHEN, S.; CAI, B.; WANG, C.; LI, H.; DAI, G.; QIN, H. Preparation of a novel carbon-based solid acid from cocarbonized starch and polyvinyl chloride for cellulose hydrolysis. **Applied Catalysis A: General**, v. 473, p. 70-74, 2014.

SILVA, D. S. A. **Conversão de furfural sobre zeólitas (Hf, Al)-ZSM-5 hierárquicas: Controle da relação de sítios ácidos de Lewis e Brønsted e seu efeito na seletividade a produtos.** Tese (Doutorado) - Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2021.

SILVA, L. M. de Q. **Avaliação do Potencial de Cactáceas para Aplicações em Processos Biotecnológicos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – PB, 2019.

SOUZA, A. C. O. **Estudo do desenvolvimento, estabilidade e componentes de um consórcio bacteriano desconstrutor de lignocelulose.** 2019. Tese (Doutorado) - Pós Graduação em Biocombustíveis, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

SUN, B.; ZHANG, M.; HOU, Q.; LIU, R.; WU, T.; SI, C. Further characterization of cellulose nanocrystal (CNC) preparation from sulfuric acid hydrolysis of cotton fibers. **Cellulose**, França, v. 23, n. 1, p. 439–450, 2016.

SUN, Y.; CHENG, J. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. **Bioresource technology**, v. 83, n.1, p; 1-11. 2002

TALEBNIA, F.; KARAKASHEV, D.; ANGELIDAKI, I. Production of bioethanol from wheat straw: an overview on pretreatment, hydrolysis and fermentation. **Bioresource technology**, v. 101, n. 13, p. 4744-4753, 2010.

TIAN, S.-Q.; ZHAO, R.-Y.; CHEN, Z.-C. Review of the pretreatment and bioconversion of lignocellulosic biomass from wheat straw materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 91, p. 483-489, 2018.

TIKK, D.; ALEXIN, Z. Topic and language specific internet search engine. **Acta Cybernetica**, v. 18, n. 2, p. 275-291, 2007.

TIKK, D.; BIRÓ, G.; TÖRCSVÁRI, A. A hierarchical online classifier for patent categorization. In: **Emerging technologies of text mining: Techniques and applications**. IGI Global, 2008. p. 244-267.

TRIBOT, A.; AMER, G.; ALIO, M. A.; DE BAYNAST, H.; DELATTRE, C.; PONS, A.; DUSSAP, C. G. Wood-lignin: Supply, extraction processes and use as bio-based material. **European Polymer Journal**, v. 112, p. 228-240, 2019.

VAZ JR, S. Biorrefinarias: cenários e perspectivas. **Embrapa Agroenergia**, v. 176, 2011.

WINGREN, A.; GALBE, M.; ZACCHI, G. Techno-economic evaluation of producing ethanol from softwood: Comparison of SSF and SHF and identification of bottlenecks. **Biotechnology progress**, v. 19, n. 4, p. 1109-1117, 2003.

WIPO - WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. (2016). *Understanding Industrial Property*. World Intellectual Property Organisation - WIPO.

WIPO, World Intellectual Property Organization. Com Crescimento Impulsionado pela Ásia, Depósitos de PI em todo Mundo Registram novo Recorde Histórico em 2021. Genebra, 2022. Acesso em 28 de novembro de 2022. Disponível em: [https://www.wipo.int/pressroom/pt/articles/2022/article\\_0013.html#:~:text=Em%20termos%20mundiais,%20os%20dep%C3%B3sitos,a%20pandemia%20de%20Covid-19](https://www.wipo.int/pressroom/pt/articles/2022/article_0013.html#:~:text=Em%20termos%20mundiais,%20os%20dep%C3%B3sitos,a%20pandemia%20de%20Covid-19).

WYMAN, C. E. Ethanol from lignocellulosic biomass: technology, economics, and opportunities. **Bioresource Technology**, v. 50, n. 1, p. 3-15, 1994.

ZALDIVAR, J.; NIELSEN, J.; OLSSON, L.. Fuel ethanol production from lignocellulose: a challenge for metabolic engineering and process integration. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 56, n. 1, p. 17-34, 2001.

ZHANG, C.; FU, Z.; DAI, B.; ZEN, S.; LIU, Y.; XU, Q.; YIN, D. Biochar sulfonic acid immobilized chlorozincate ionic liquid: an efficiently biomimetic and reusable catalyst for hydrolysis of cellulose and bamboo under microwave irradiation. **Cellulose**, v. 21, n. 3, p. 1227-1237, 2014.

ZHANG, Z.; SONG, J.; HAN, B. Catalytic transformation of lignocellulose into chemicals and fuel products in ionic liquids. **Chemical reviews**, v. 117, n.10, p.6834-6880, 2017.