



Descarbonização Energética a partir da Biomassa

João Pedro da Costa Martinho

Renato Gonçalves Fialho Neto

Trabalho de Conclusão de Curso

Orientadoras

Prof^a. Dr^a. Michelle Gonçalves Mothé (EQ/UFRJ)

Dr^a. Tatiana Carestiato da Silva (INPI)

2023

João Pedro da Costa Martinho

Renato Gonçalves Fialho Neto

Descarbonização Energética a partir da Biomassa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau em Engenharia Química.

Orientadoras:

Prof^a. Dr^a. Michelle Gonçalves Mothé (EQ/UFRJ)

Dr^a. Tatiana Carestiato da Silva (INPI)

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

M385d Martinho, João Pedro da Costa
Descarbonização Energética a partir da Biomassa /
João Pedro da Costa Martinho. -- Rio de Janeiro,
2023.
89 f.

Orientadora: Michelle Gonçalves Mothé.
Coorientadora: Tatiana Carestiato da Silva.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
Química, Bacharel em Engenharia Química, 2023.

1. Biomassa. 2. Descarbonização energética. 3.
Prospecção tecnológica. I. Gonçalves Mothé, Michelle,
orient. II. Carestiato da Silva, Tatiana, coorient.
III. Título.

Descarbonização Energética a partir da Biomassa

João Pedro da Costa Martinho

Renato Gonçalves Fialho Neto

Trabalho de conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários a obtenção do grau em Engenharia Química.

Aprovado em 22 de junho de 2023:

Prof. Marcelo Mendes Viana, DPI

Dr^a Larissa Morais Viana, EQ

Orientado por:

Prof^a. Michelle Gonçalves Mothé, DPO

Dr^a Tatiane Carestiato da Silva, INPI

Rio de Janeiro, Brasil

“Sometimes life hits you in the head with a brick. Don’t lose faith.”

- Steve Jobs

Agradecimentos – João Pedro Martinho

Agradeço primeiramente aos meus pais Janaína e Avelino por todo o amor e esforços a mim dedicados, sem vocês nada teria sido possível, obrigado por sempre acreditarem em mim.

Gostaria de agradecer a Carolinne minha namorada que esteve ao meu lado durante toda a faculdade e vivenciou diariamente as dificuldades de trabalhar e estudar ao longo desses anos de faculdade. Um grande obrigado pelo apoio e motivação.

Agradeço às nossas orientadoras Michelle Gonçalves Mothé e Tatiane Carestiato da Silva pelos direcionamentos, conselhos e por acreditarem no nosso potencial. Sou muito grato pela ajuda e compreensão da Professora Michelle na revisão deste trabalho, as semanas de finalização foram muito corridas e não teríamos conseguido sem ela.

Obrigado meu camarada Renato, grande amigo de ensino médio, faculdade e parceiro de TCC, sem dúvidas este trabalho foi uma das coisas mais difíceis que fizemos juntos!

Agradeço aos meus amigos de faculdade, João Guilherme, João Victor, João Vitor, Eudes, Vinícius e Bia. Vocês foram muito importantes nessa jornada e tornaram os dias difíceis um pouco mais fáceis.

Agradeço a Deus por me dar forças e saúde.

Por fim, agradeço a mim mesmo, por nunca desistir e continuar seguindo mesmo nos dias de grandes dificuldades.

Agradecimentos – Renato Gonçalves

Agradeço primeiramente à Deus por me dar forças para seguir buscando meus objetivos, e continuar me dando novas oportunidades de ser uma pessoa melhor a cada dia.

Agradeço à minha família (pais e irmã) por todo o suporte que me deram ao longo da minha vida. Agora chegou o momento de retribuir com muito orgulho, amor e companhia.

Obrigado ao meu parceiro de muitos anos de ensino médio, faculdade e agora TCC, João Pedro. Não foi fácil essa jornada, mas no final tudo deu certo.

Obrigado às minhas orientadoras Michelle Gonçalves Mothé e Tatiane Carestiato da Silva por acreditarem no nosso potencial e perseverarem pelo nosso sucesso.

Obrigado à UFRJ por toda a infraestrutura proporcionada para um aprendizado de excelência e pelas pessoas incríveis que encontrei ao longo do curso.

Resumo

MARTINHO, João P C.; NETO, Renato G F.; **Descarbonização energética a partir da biomassa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023

A biomassa é um recurso renovável proveniente de resíduos compostos majoritariamente por matéria orgânica. Diante das questões climáticas e crescente demanda por fontes alternativas de energia, torna-se relevante entender o potencial da utilização da biomassa dentro da matriz renovável. O presente trabalho teve como objetivo realizar um monitoramento tecnológico do uso da biomassa para fins de geração de energia. Para atender esse objetivo realizou-se uma busca em bases de patentes disponíveis na *web*. As análises geradas permitiram obter informações sobre o histórico de depósitos, áreas de aplicação, países e perfil dos depositantes. Os resultados demonstraram que houve um aumento no número de publicações na última década, principalmente devido à China. O país Asiático é o maior detentor de publicações considerando o conjunto de palavras-chave “*biomass*” e “*energy source*”. Além disso, destaca-se os resultados das principais classificações CPC (*Cooperative Patent Classification*), no qual as 5 primeiras enquadram-se na classe de tecnologias para mitigação/adaptação às mudanças climáticas. Apenas cerca de 4% de todos os depósitos de patentes deste campo tecnológico são realizados no Brasil. Também se explorou relatórios de agências internacionais que demonstram que ápice da demanda de petróleo ocorrerá até o ano de 2030. Portanto, é lógico pensar que os investimentos em energia renovável devem crescer também. Os *insights* gerados pelo estudo de patentes podem orientar pesquisadores, empresas e profissionais do setor na identificação de oportunidades de inovação e na tomada de decisões estratégicas em relação ao desenvolvimento de tecnologias relacionadas à biomassa como fonte energética sustentável.

Palavras-chave: biomassa, fonte de energia renovável, levantamento de patentes, inovação tecnológica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do efeito estufa na atmosfera terrestre.	5
Figura 2 - Composição do ar seco da atmosfera terrestre.....	5
Figura 3 - Tendências das emissões totais de GEE.....	6
Figura 4 - Mudanças na temperatura global e concentração de CO ₂ na atmosfera. ..	7
Figura 5 - Temperatura média global entre 1880 e 2020.	8
Figura 6 - Matriz energética global em 2019.	8
Figura 7 - Ciclo do carbono.	10
Figura 8 - Mudanças no mecanismo do Efeito Estufa.	11
Figura 9 - Fontes de Biomassa.....	13
Figura 10 - Estrutura molecular da celulose.	16
Figura 11 - Ligações de hidrogênio no polímero de celulose.	16
Figura 12 - Ligações polioses (hemiceluloses) com celulose (microfibrilas).....	17
Figura 13 - Açúcares componentes da Hemicelulose.	18
Figura 14 - Parte da estrutura da Lignina.	19
Figura 15 - Tecnologias de conversão e combustíveis produzidos.	20
Figura 16 - Modelo de combustor de biomassa.....	22
Figura 17 - Liquefação da biomassa.	23
Figura 18 - Vantagens e desvantagens dos solventes na liquefação.....	24
Figura 19 - Gaseificadores de leito fixo contracorrente (A), concorrente (B) e cruzado (C).	25
Figura 20 - Esquema de planta de Pirólise rápida.....	27
Figura 21 - Biodigestor tipo Lagoa Coberta.....	29
Figura 22 - Reação de transesterificação.....	30
Figura 23 - Custos das patentes.....	31
Figura 24 – Print de tela da busca de patentes realizada na base <i>Derwent Innovation</i>	38
Figura 25 – Print de tela da busca de patentes realizada na base <i>Espacenet</i>	39
Figura 26 – Print de tela da busca de patentes realizada na base USPTO.....	40
Figura 27 - Print de tela da busca de patentes realizada na base <i>Patentscope</i>	41

Figura 28 - Resultados da busca na base <i>Derwent</i>	43
Figura 29 - Resultados da busca na base <i>Espacenet</i>	43
Figura 30 - Resultados da busca na base USPTO.....	44
Figura 31 - Resultados da busca base <i>Patentscope</i>	44
Figura 32 - Resultados da busca nas bases <i>Derwent</i> , <i>Espacenet</i> , USPTO e <i>PatentScope</i>	45
Figura 33 - Resultados da busca dos termos "biomass" AND "energy source" nas bases <i>Derwent</i> , <i>Espacenet</i> , USPTO e <i>PatentScope</i>	46
Figura 34 - Série histórica das datas de publicações das patentes relativas ao tema biomassa.....	47
Figura 35 - Série histórica das datas de prioridade das patentes referentes ao tema biomassa.....	47
Figura 36 - Número de patentes por seção principal do IPC na busca utilizando as palavras-chave " <i>biomass</i> " AND " <i>energy source</i> ".....	49
Figura 37 – Número de patentes por classe da seção C (Química e Metalurgia) do IPC na busca dos termos " <i>biomass</i> " AND " <i>energy source</i> " na base <i>Espacenet</i>	50
Figura 38 - Países que publicaram patentes contendo o conjunto de palavras-chave " <i>biomass</i> " AND " <i>energy source</i> ".....	52
Figura 39 – Perfil dos top 20 depositantes na busca das palavras-chave <i>biomass</i> AND " <i>energy source</i> ".....	53
Figura 40 - Histórico de publicações agrupados por famílias utilizando o conjunto de palavras-chave: <i>cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND ta = "energ*" AND pd <= "2021-12-31"</i>	55
Figura 41 - Fornecimento mundial de energia primária por fonte.....	58
Figura 42 - Consumo final de energia por combustível.....	58
Figura 43 - Demanda por combustíveis fósseis.....	59
Figura 44 - Custo ponderado médio global de tecnologias de geração de energia renovável.....	60
Figura 45 - Novos projetos de geração de energia elétrica no mundo.....	61
Figura 46 - S&P 500 - Novas Energias vs Fontes fósseis.....	62
Figura 47 - Investimentos anuais em tecnologias de transição energética.....	63

Figura 48 - Investimentos anuais em Energias Renováveis.....64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção anual mundial de alguns produtos para obtenção de energia.	15
Tabela 2 – Resultados para a busca baseado na classificação CPC	54
Tabela 3 – Relação dos principais depositantes detentores de patentes no Brasil ..	55
Tabela 4 – Principais empresas e universidades brasileiras com patentes no Brasil	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Seções principais da classificação IPC.	33
Quadro 2 - Exemplo de nomenclatura de classificação IPC completa.	33
Quadro 3 - Combinações de palavras-chave utilizadas na busca preliminar.	37
Quadro 4 - Estratégia de busca baseado na classificação CPC	42

SUMÁRIO

I. Introdução	1
II. Objetivos	3
II.1 – Objetivo Geral	3
II.2 – Objetivos Específicos	3
III. Revisão Bibliográfica	4
III.1 - Efeito estufa	4
III.2 - Gases do efeito estufa	5
III.3 - Fontes fósseis	8
III.4 - Ciclo do Carbono	9
III.5 – Energias Renováveis	11
III.6 – Energia Limpa e Neutralidade de Carbono	12
III.7 – Biomassa	13
III.8 – Principais componentes da Biomassa	15
IV.8.1 – Celulose	16
III.8.2 – Hemicelulose	17
III.8.3 – Lignina	18
III.8.4 – Extrativos	19
III.9 – Tecnologias de conversão da Biomassa	19
III.9.1 – Combustão Direta	21
III.9.1.2 – Ciclos a Vapor	22
III.9.2 – Liquefação Direta	23
III.9.3 – Gaseificação	25
III.9.4 – Pirólise	26
III.9.5 – Fermentação	27
III.9.6 – Digestão Anaeróbia	28
III.9.7 – Transesterificação	29

III.10 – Propriedade industrial - patentes	30
III.10.1 – Classificação de patentes	32
III.10.2 – Prioridade de patentes verdes	34
III.10.3 – Prospecção e mapeamento tecnológico	34
III.10.4 – Base Derwent	35
III.10.5 – Base Espacenet.....	36
III.10.6 – Base USPTO	36
III.10.7 – Base Patentscope.....	36
IV. Metodologia	37
IV.1 Estratégia para escolha de base	37
IV.1.1 Base <i>Derwent</i>	38
IV.1.2 Base <i>Espacenet</i>	38
IV.1.3 Base USPTO.....	39
IV.1.4 Base <i>Patentscope</i>	40
IV.2 Estratégia para mapeamento patentário.....	41
V. Resultados e Discussão.....	43
V.1 Resultados da base <i>Derwent</i>	43
V.2 Resultados da base <i>Espacenet</i>	43
V.3 Resultados da base USPTO.....	44
V.4 Resultados da base <i>Patentscope</i>	44
V.5 Resultado geral.....	45
V.6 Busca por documentos de patente na base <i>Espacenet</i>	46
V.6.1 Série histórica.....	46
V.6.2 Divisão por classificação IPC/CPC.....	48
V.6.3 Países depositantes	51
V.6.4 Principais depositantes.....	53

V.6.5 Busca pela classificação CPC mais relevante.....	54
V.6.5.1 Série histórica das publicações.....	54
V.6.5.2 Depósitos realizados no Brasil.....	55
V.6.5.3 Depositantes brasileiros com patentes no Brasil.....	56
VI. Tendências.....	57
VI.1 Fontes Fósseis.....	57
VI.2 Transição energética mundial.....	59
VII. Considerações finais.....	65
VIII. Referências Bibliográficas.....	67

I. Introdução

O termo energia renovável refere-se a toda fonte de energia que está disponível na natureza de forma cíclica. Essas formas de energia podem ser utilizadas com diversas finalidades, desde a produção de calor até a geração de eletricidade e produção de combustíveis líquidos (COSTA; PRATES, 2005). Exemplos de fontes renováveis são: eólica, solar, marés e ondas, hidroelétrica, geotérmica e biomassa, entre outras.

Dentre as fontes renováveis, a biomassa mostra-se muito promissora, visto que é um recurso natural de baixo custo, fácil acesso e armazena grandes quantidades de energia, sendo uma fonte capaz de promover a geração energética em escala econômica de forma sustentável. Sendo assim, possui grande potencial em reduzir a dependência pelas fontes energéticas provenientes de combustíveis fósseis. Outro fator positivo é que a geração de energia proveniente de biomassa promove a descentralização da produção energética, reduzindo os custos com a construção de linhas de transmissão e perdas de energia por conta das distâncias. Por fim, uma das principais características da biomassa é o fato de que esta pode ser renovada e produzida a qualquer momento, ou seja, não é uma fonte intermitente, como as produções eólica e solar (MARAFON et al., 2016).

Estima-se que a demanda mundial por energia elétrica aumente 80% até 2050 (IEA, 2021), o que torna desafiador atender o aumento de demanda e em paralelo diminuir os impactos ambientais causados pelo setor energético. Durante a COP26 (26ª conferência do clima da ONU) foi negociado o Acordo de Paris, no qual 196 países se comprometeram a limitar o aumento da temperatura global em 2°C com relação aos níveis pré-industriais. Cumprir o estabelecido no acordo exige ações rápidas de curto prazo, como redução pela metade das emissões de gases do efeito estufa até 2030 e zerar o balanço de emissão de CO₂ até 2050 (SCHLEUSSNER). Diante deste cenário torna-se evidente a importância da transição energética como forma de frear o aquecimento global.

A importância da transição energética não se limita às questões climáticas. O setor energético é estratégico e fundamental para o desenvolvimento econômico de um país. Nos últimos anos, ficou evidente a necessidade da diversificação da matriz energética global e um dos exemplos mais recentes é a Guerra da Ucrânia. Como a Rússia é a principal fornecedora de gás natural para a União Europeia, o risco de

desabastecimento de gás natural na região, causou fortes variações no preço do barril de petróleo, causando um aumento de 20,8% no preço, atingindo 119,72 USD, cem dias após o início do conflito.

A guerra da Ucrânia é apenas um exemplo de que o preço do barril de petróleo é muito suscetível a mudanças políticas e econômicas (DÍAZ-PINZÓN, 2022). Este fato é bastante significativo visto que o preço das commodities afeta diretamente a economia global, tendo influência no aumento da inflação (MELLO, 2010).

Diante da necessidade de diversificar a matriz energética global, a biomassa se apresenta como potencial agente nessa mudança. A estimativa é que a demanda mundial por bioenergia cresça pelo menos 25% até 2050 em comparação com os dias atuais (DNV, 2022). Desta forma, o conhecimento sobre as inovações tecnológicas e potenciais usos da biomassa torna-se relevante. Nesse contexto, o mapeamento de patentes pode fornecer informações para o entendimento do papel da biomassa na descarbonização da matriz energética mundial.

II. Objetivos

II.1 – Objetivo Geral

Realizar um mapeamento tecnológico mundial em bases patentárias sobre a aplicação e uso da biomassa na transição energética.

II.2 – Objetivos Específicos

- Utilizar as bases de patentes *Derwent*, *Espacenet*, *USPTO* e *Patentscope* para realizar um levantamento de documentos depositados mundialmente, sobre descarbonização da matriz energética a partir da biomassa;
- A partir dos documentos de patentes encontrados, identificar as tendências temporais, área de conhecimento, países mais relevantes e perfil dos principais depositantes;
- Realizar busca bibliográfica em relatórios de organizações e/ou agências internacionais a fim de prospectar a utilização de fontes energéticas renováveis nos próximos 30 anos.

III. Revisão Bibliográfica

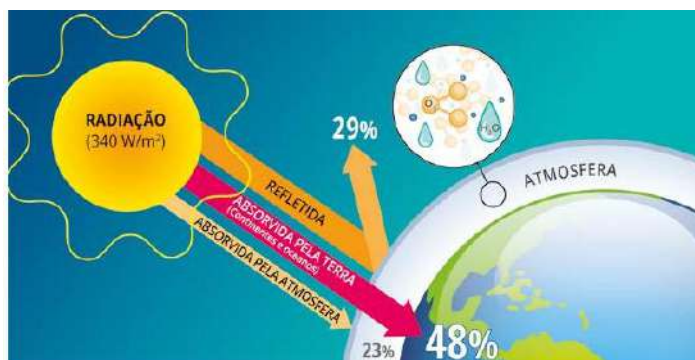
III.1 - Efeito estufa

O principal fenômeno associado ao aquecimento global é o efeito estufa. É importante destacar que os dois conceitos mesmo relacionados, são fenômenos distintos. O termo aquecimento global refere-se às mudanças climáticas em escala global, sendo caracterizado pelo aumento da média de temperatura da superfície terrestre. Os mecanismos de alteração podem ser internos, relacionados aos ciclos climáticos, devidos a variáveis como atividade solar, composição química atmosférica e atividades tectônicas. E externos, devido às atividades antropogênicas, ligadas às emissões de gases do efeito estufa, ocasionadas pela queima de combustíveis fósseis (SILVA; PAULA, 2009).

O efeito estufa é um fenômeno natural e importante, pois permite a existência de vida na superfície terrestre, sendo responsável por estabilizar a temperatura global, evitando mudanças bruscas de temperatura entre os dias e as noites. Estima-se que sem a existência dos gases do efeito estufa na atmosfera a média de temperatura global estaria na faixa de -20 a -15°C (GOLDEMBERG; LUCON, 2009).

O fator mais importante no mecanismo de aquecimento terrestre é a radiação solar, que incide no planeta terra, que possui uma atmosfera majoritariamente transparente a mesma. A radiação solar é absorvida pela superfície terrestre e posteriormente emitida na forma de radiação térmica na faixa dos raios infravermelho. Devido a existência dos gases do efeito estufa na atmosfera a radiação térmica é refletida em todas as direções, isso porque os gases do efeito estufa (GEE) não são transparentes a radiação térmica. Sendo assim, os GEE funcionam como um cobertor responsável por aquecer a superfície terrestre (GOLDEMBERG; LUCON, 2009). Esse fenômeno é conhecido como efeito estufa e pode ser ilustrado de acordo com a Figura 1.

Figura 1 - Ilustração do efeito estufa na atmosfera terrestre.

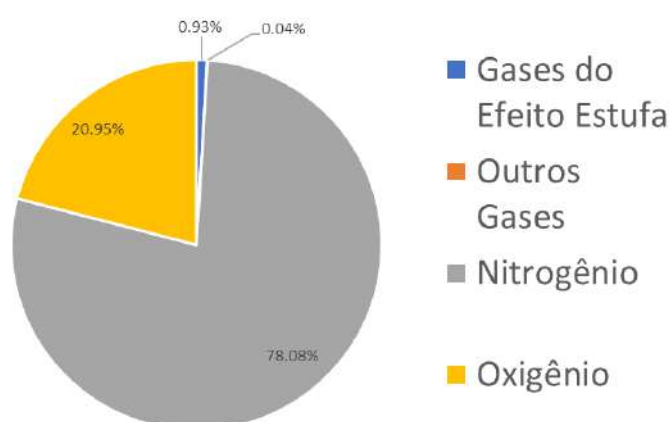


Fonte: MARGULIS, 2020.

III.2 - Gases do efeito estufa

Sendo o efeito estufa o principal mecanismo de estabilização da temperatura global, o calor produzido dependerá da composição química do ar atmosférico (Figura 2). Em especial, da concentração dos gases do efeito estufa, que são, principalmente, vapor d'água (H₂O), clorofluorcarbonetos (CFCs), ozônio (O₃), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e o dióxido de carbono (CO₂). Esses gases absorvem uma parte da radiação infravermelha refletida pela superfície terrestre e refletem uma parte em direção a superfície. Com isso, a superfície terrestre é aquecida em cerca de 30°C, sendo esse aquecimento fundamental para a existência de vida na forma como conhecemos (SILVA; PAULA. 2009).

Figura 2 - Composição do ar seco da atmosfera terrestre.



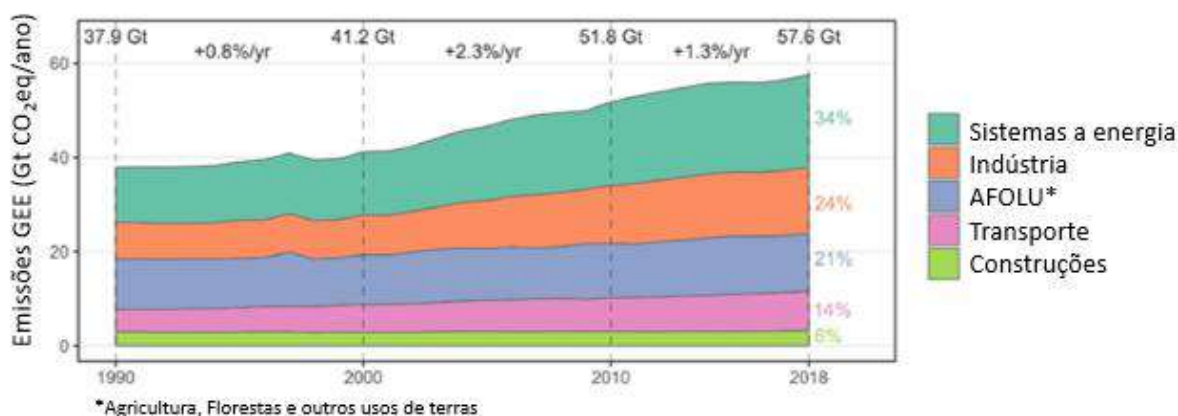
Fonte: NELLES et al., 2020.

A revolução industrial, durante o século XVIII, foi um marco no desenvolvimento da sociedade e possibilitou avanços econômicos e tecnológicos, com o advento da máquina a vapor o carvão passou a ser a principal fonte energética e com isso as emissões antropogênicas tomaram lugar de destaque, sendo considerado como ponto de referência comparativo em termos de concentração de GEE na atmosfera (MARGULIS, 2020).

O gás mais significativo pela geração do efeito estufa é o vapor d'água na camada troposférica, porém sua concentração é originada principalmente por fontes naturais como evaporação e atividades vulcânicas. Os principais gases gerados pela atividade antropogênica são o CO₂, CH₄ e N₂O. Sendo o metano 20 vezes mais agressivo como gás do efeito estufa em comparação com o CO₂ (SILVA; PAULA, 2009).

Sendo assim, o consumo de combustíveis fósseis pode ser considerado uma das principais fontes de impacto ambiental e desempenha papel de maior emissor de gases do efeito estufa, que são responsáveis por intensificar as mudanças climáticas e perda de biodiversidade. Na Figura 3 é possível observar as tendências na emissão mundial de GEEs por setor (GOLDEMBERG; LUCON, 2009).

Figura 3 - Tendências das emissões totais de GEE

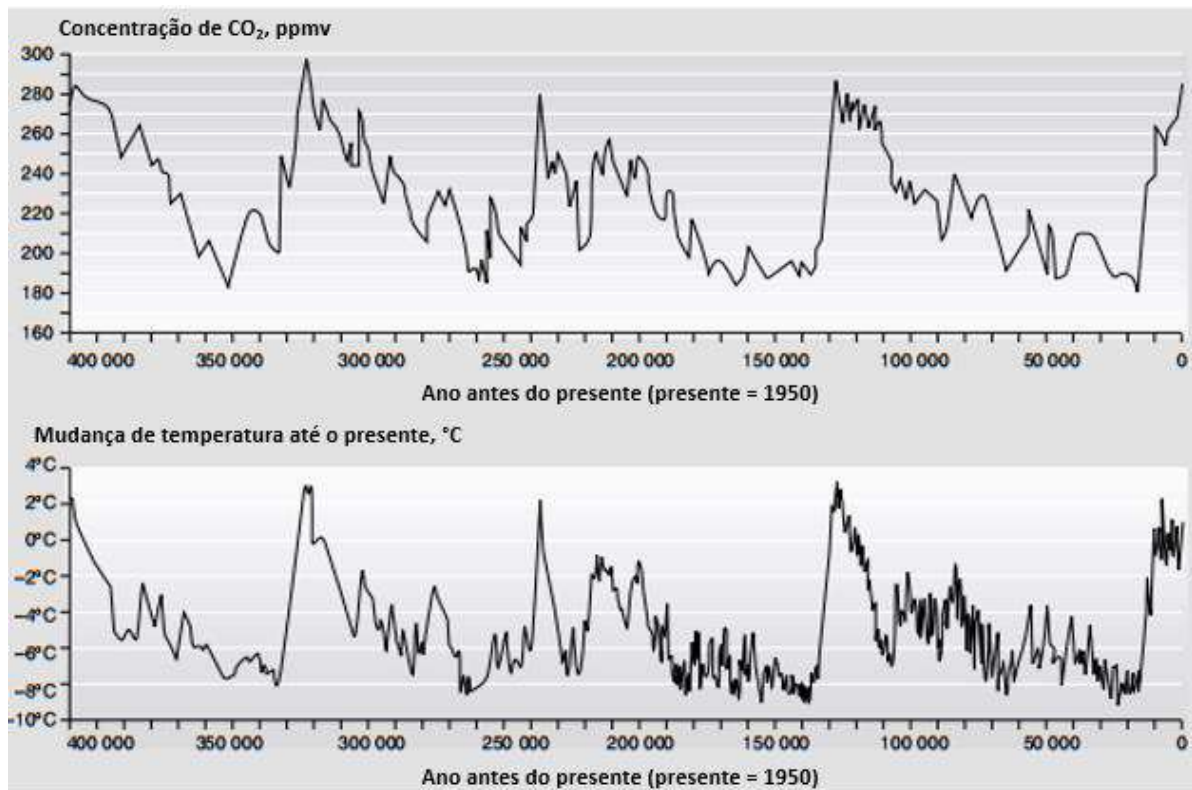


Fonte: LAMB et al., 2021

Existem fortes evidências de que o aquecimento global está diretamente relacionado com a influência humana e este fato foi profundamente abordado no 4º Relatório de Avaliação do IPCC (GOLDEMBERG; LUCON, 2009). Os dados de

aumento da temperatura terrestre são consistentes com o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, como pode-se observar na Figura 4.

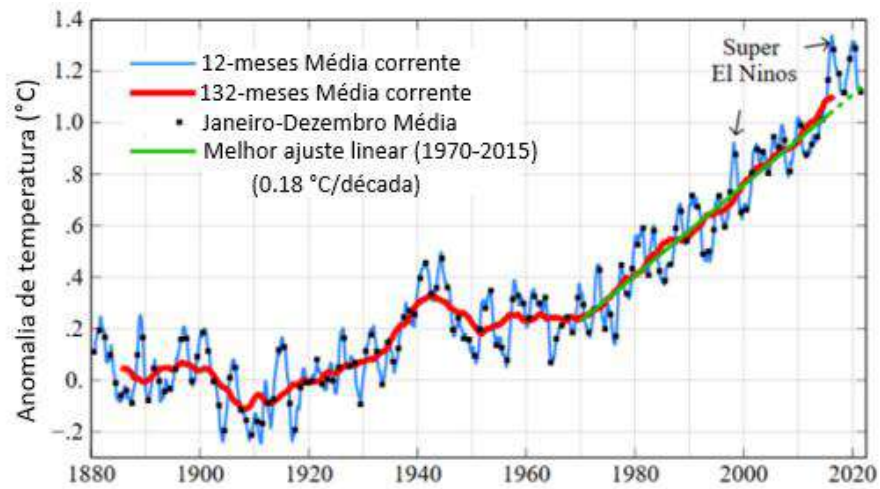
Figura 4 - Mudanças na temperatura global e concentração de CO₂ na atmosfera.



Fonte: GOLDEMBER; LUCON, 2009.

Os registros de temperatura média global, expressos na Figura 5, evidenciam uma taxa de aumento da temperatura terrestre como nunca observados. Esse fato pode ser evidenciado pelos recordes de máxima temperatura, onde os 10 anos mais quentes do registro encontram-se no século XXI (MARQUES, 2022).

Figura 5 - Temperatura média global entre 1880 e 2020.

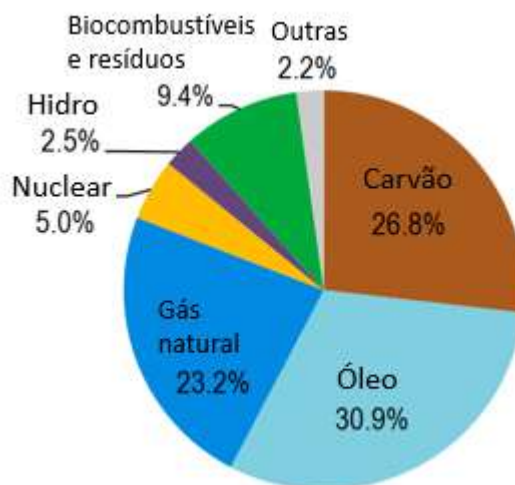


Fonte: MARQUES, 2022.

III.3 - Fontes fósseis

A matriz energética global é composta majoritariamente por energias provenientes de fontes fósseis. Na qual, carvão, petróleo e gás natural ocupam cerca de 80% da energia fornecida em todo o mundo (IEA, 2021), como mostrado na Figura 6. As fontes fósseis são classificadas como não renováveis visto que a natureza é incapaz de repor em um espaço de tempo condizente com a demanda energética (GOLDEMBERG; LUCON, 2009).

Figura 6 - Matriz energética global em 2019.



Fonte: IEA, 2021.

Sabe-se que os combustíveis fósseis foram originados através da decomposição de matéria orgânica de origem vegetal e animal, que foi comprimida sob ação de temperatura e pressão ao longo de milhões de anos. Esses combustíveis são encontrados em sua forma primária basicamente em 3 diferentes tipos: carvão, gás natural e petróleo. O carvão mineral tem suas origens em plantas que foram acumuladas e comprimidas por camada de água, enquanto o petróleo e gás natural, tem suas origens através de organismos microscópicos e camadas de restos vegetais que ao longo de milhares de anos foram cobertos por areia e lama sofrendo ao longo do tempo reações químicas (NASCIMENTO et al., 2021).

Dentre os tipos de fontes de energia fósseis, o petróleo é amplamente comercializado, visto que é composto por uma mistura complexa de hidrocarbonetos, do qual a partir do processo de refino, derivam-se diversas substâncias que podem ser utilizadas para combustão, por exemplo, gasolina, diesel, GLP, querosene. (NASCIMENTO et al., 2021).

Sabe-se que a utilização de combustíveis fósseis está diretamente relacionada com a liberação de gases do efeito estufa, porém existem outras questões ambientais envolvidas na cadeia de exploração, produção e distribuição de petróleo. Isso porque essas etapas apresentam risco de desastres ambientais e destruição da biodiversidade, como por exemplo, derramamentos ou vazamentos de óleo que causam poluição da água e danos à vida marinha; descarte inadequado de efluentes contendo contaminantes ou efluentes acima da temperatura do oceano; poluição sonora causada por equipamentos e operações que geram ruído alto (MARIANO; LA ROVERE, 2017).

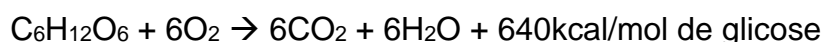
III.4 - Ciclo do Carbono

Tendo em vista que o CO_2 é o gás emitido em maiores quantidades pelas atividades antropogênicas, é importante analisar e entender as formas de fixação de carbono. A atmosfera apresenta-se como reservatório de carbono, que se encontra principalmente na forma de CO_2 , este gás é emitido pelos animais e plantas no processo de respiração. O ciclo do carbono é interessante visto que o carbono é devolvido ao meio na mesma taxa que é produzido através da respiração.

O ciclo tem início no processo de fotossíntese, no qual as plantas utilizam CO_2 e vapor d'água para sintetizar glicose. A reação pode ser expressa como:

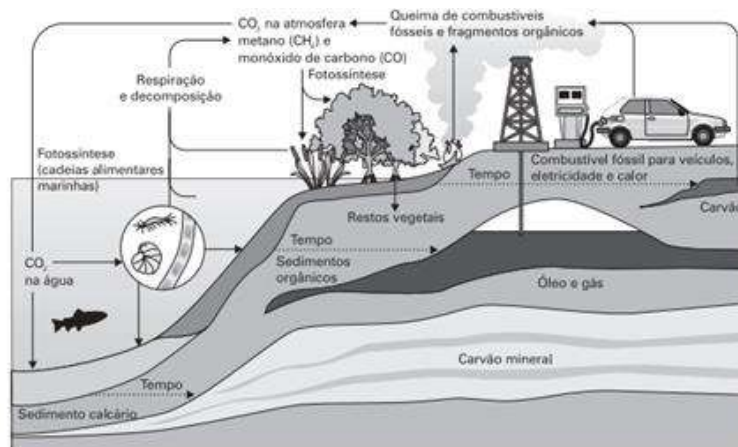


Essa reação possui dois pontos fundamentais, primeiramente é responsável pela fixação de carbono em sua forma orgânica, e por fim, é responsável por armazenar energia solar na forma de energia química através das moléculas de glicose. A reação inversa é o chamado processo de respiração, onde CO_2 é liberado ao meio da seguinte forma:



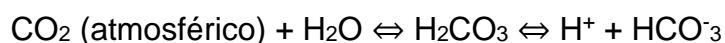
Por meio dessas duas reações o carbono completa o seu ciclo biogênico, passando da fase inorgânica para a fase orgânica por meio da fotossíntese e retornando para a fase inorgânica através da respiração. O ciclo pode ser resumido de acordo com a Figura 7.

Figura 7 - Ciclo do carbono.



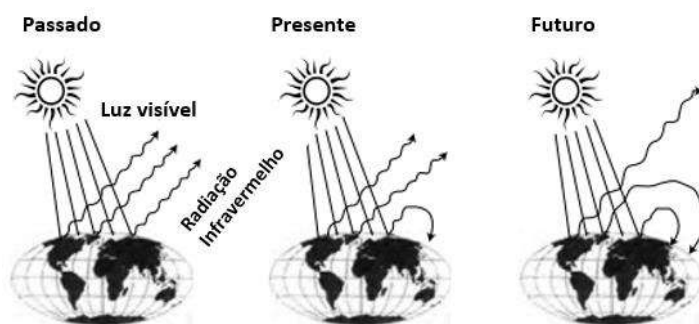
Fonte: BRAGA et al, 2005.

É importante destacar que os oceanos atuam como reservatório auxiliar de carbono, no qual atmosfera e oceanos trocam carbono por meio da difusão, cuja força motriz é a diferença de concentração de carbono, de acordo com a reação:



Na Figura 7 é possível notar a existência de um ciclo secundário e mais lento, no qual matéria orgânica proveniente de plantas e animais são incorporados na crosta terrestre através de processos geológicos dando origem aos combustíveis fósseis e calcário. Tendo em vista que a partir da revolução industrial a utilização das fontes fósseis tomou lugar de destaque, os processos de combustão estão desequilibrando o ciclo, visto que a taxa de emissão de CO₂ à atmosfera é muito superior a capacidade de absorção por parte das plantas, esse desequilíbrio causa a potencialização do efeito estufa, conforme ilustrado na Figura 8, e conseqüentemente leva a um aumento da temperatura global (BRAGA et al., 2005).

Figura 8 - Mudanças no mecanismo do Efeito Estufa.



Fonte: GOLDEMBERG; LUCON, 2009.

III.5 – Energias Renováveis

Conforme mencionado nos tópicos anteriores, a queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de emissão de GEEs, que conseqüentemente promovem a elevação da temperatura média global. Sendo assim, diante das questões climáticas a busca por fontes alternativas e limpas de energia estão ganhando espaço em nível global. Neste cenário, as fontes renováveis desempenham um papel fundamental na transição da matriz energética.

A procura por fontes energéticas alternativas visa obter tecnologias limpas, para assim atingir a neutralidade de carbono e atender as metas do Acordo de Paris. As energias renováveis são produzidas a partir de recursos que podem ser regenerados em taxas iguais ou superiores a demanda atual, como por exemplo, sol, vento, ondas, marés, biomassa, recursos hídricos e geotérmicos. Esses recursos são fontes de energia limpas, uma vez que liberam menos CO₂ em comparação com as fontes fósseis. Sendo assim, permitem desenvolvimento sustentável conciliando a

redução nas emissões de gases do efeito estufa com o aumento da competitividade em relação aos combustíveis fósseis (GOLDEMBERG; LUCON., 2009).

III.6 – Energia Limpa e Neutralidade de Carbono

De acordo com o manual de termos e conceitos publicado pelo Instituto E+ Transição Energética em 2020, energia limpa é um termo utilizado para se referir a qualquer fonte energética com baixa ou nenhuma emissão de gases do efeito estufa. É importante destacar que esse termo não deve ser confundido com o de energias alternativas, isso porque qualquer fonte energética que seja diferente das fontes convencionais pode ser classificada como fonte alternativa, independentemente de ser uma fonte limpa.

Para entender a diferença entre os termos citados, é possível tomar como exemplo a utilização de urânio para geração de energia nuclear. Nesse processo não há queima de combustíveis fósseis e as emissões de usinas nucleares são praticamente nulas, o que a classifica como energia limpa. Porém, não-renovável, tendo em vista que o urânio é um recurso esgotável.

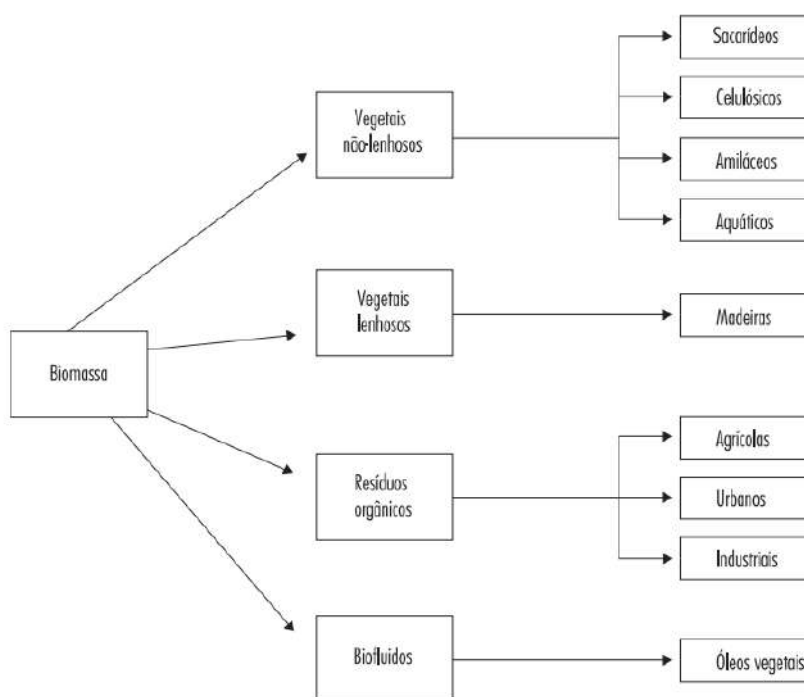
Ainda de acordo com o manual publicado pelo Instituto E+ Transição Energética (2020), a neutralidade de carbono consiste no fato de um sistema possuir emissões líquidas de CO₂ iguais a zero em um determinado período. Sendo assim, para uma tecnologia ser considerada “carbono neutra”, as capturas e emissões de CO₂ deverão ser equivalentes. Nesse sentido, o bioetanol pode ser considerado um combustível com neutralidade de carbono, já que, ao realizar a combustão, libera-se CO₂ na atmosfera, entretanto ao cultivar cana-de-açúcar, captura-se quantidade equivalente de CO₂.

Conforme descrito no manual, é possível atingir o *status* “Carbono Neutro” de duas formas. A primeira é reduzindo as emissões de CO₂ para zero a partir de mudanças na matriz energética e substituição de processos industriais, utilizando-se de tecnologias que não emitam CO₂. A segunda forma é adotando atividades que removam carbono da atmosfera, como por exemplo reflorestamento e implantação de tecnologias de captura e armazenamento de carbono.

III.7 – Biomassa

Dá-se o nome de biomassa aos recursos compostos por matéria orgânica de origem vegetal, animal e microbiana. Os vegetais são capazes de converter a energia solar em energia química através do processo conhecido como fotossíntese, armazenando-a em sua estrutura molecular. Os animais por sua vez adquirem biomassa através da alimentação de plantas ou outros animais, acumulando assim, energia em seus corpos. Sendo assim, a biomassa também engloba um conjunto de materiais compostos por resíduos da colheita de cultivos agrícolas, florestais, processamento de madeira, origem animal, dejetos humanos, resíduos sólidos urbanos, processamento de alimentos, entre outros. É importante mencionar que resíduos plásticos e componentes não orgânicos contidos nos resíduos urbanos não são classificados como biomassa (MOTHÉ; MIRANDA, 2013). Na Figura 9 é possível identificar as diferentes fontes de biomassa.

Figura 9 - Fontes de Biomassa.



Fonte: CORTEZ et al., 2008.

A biomassa pode ser classificada em dois tipos, tradicional ou moderna, sua classificação está relacionada com a forma de geração de energia. A biomassa tradicional, que é utilizada há muitos anos, é obtida a partir da queima de madeira e

outros resíduos orgânicos em lareiras, fogões, fornalhas, entre outros. No entanto, a queima de biomassa tradicional produz emissões significativas de poluentes, está associado a usos de maneira insustentável e possui baixa eficiência energética. Por outro lado, a biomassa moderna é produzida utilizando tecnologias avançadas, como a combustão de biomassa em usinas de energia elétrica e a produção de biocombustíveis. Essas tecnologias permitem a produção de energia limpa e renovável a partir da biomassa, sem a emissão de poluentes para a atmosfera. Além disso, a biomassa moderna pode ser produzida a partir de resíduos de indústrias agrícolas e florestais, contribuindo para a redução do desperdício e da poluição ambiental. Portanto, a biomassa moderna apresenta uma alternativa sustentável e mais limpa em relação à biomassa tradicional (GOLDEMBERG; LUCON, 2009).

Tendo em vista que o consumo e geração de energia através de fontes fósseis causa negativos impactos ambientais, a busca por meios sustentáveis de produzir energia deveria tornar-se uma das prioridades da sociedade atual. Porém, o conceito de sustentabilidade engloba aspectos que vão além de questões econômicas, abrangendo adicionalmente questões ambientais e sociais agregando valor e melhora na qualidade de vida das comunidades envolvidas (INATOMI; UDAETA, 2005). Neste sentido, as fontes renováveis, em particular a biomassa, atendem ao conceito de sustentabilidade, visto que se utilizam resíduos como fonte de energia. Além de possuírem o potencial de contribuir com a melhora de aspectos econômicos através da geração de empregos, promovendo a inclusão social e desenvolvimento regional (BORGES et al., 2016).

A utilização da biomassa como fonte energética apresenta uma série de aspectos positivos em termos ambientais, tornando-se uma opção potencialmente sustentável por se tratar de um recurso renovável. A variedade de materiais que compõem a biomassa é enorme, possibilitando a obtenção de diferentes estruturas moleculares para produção de energia. Além disso, a queima de biomassa produz quantidades insignificantes de enxofre, o que a torna uma alternativa mais limpa do que as fontes de combustíveis fósseis. Outro benefício da utilização da biomassa como fonte energética é a redução significativa do problema de descarte de resíduos agrícolas, florestais e urbanos, visto que é possível utilizar os resíduos para produção de energia. Vale destacar que, a biomassa é uma matéria-prima não cíclica, o que

significa que não está sujeita a variações de preço e incertezas de suprimento, já que é majoritariamente composta por resíduos diversos (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

Sabe-se que uma das principais fontes de biomassa são os resíduos orgânicos, que podem ser classificados de acordo com sua origem ou estado físico. Em relação a origem denominam-se: resíduos urbanos, gerados em atividades comerciais, domésticas, limpezas de ruas, podas de árvores entre outros; industriais, resíduos gerados nos processos produtivos em geral ou agrícolas, que são provenientes das etapas de produção do setor primário. Em relação ao estado físico, os resíduos podem ser classificados como inertes ou combustíveis (OLIVEIRA; REIS & PEREIRA, 2000).

Os resíduos e efluentes agropecuários podem gerar impactos ambientais, como a poluição aquática e atmosférica, caso não sejam dispostos de forma adequada. Para evitar isso, eles podem ser aproveitados tanto para fins de alimentação animal, cobertura e proteção de solo e adubação orgânica, quanto para fins energéticos, como a geração de calor, eletricidade ou transformados em biocombustíveis (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2019). A produção de agrícola é grande como se pode observar na Tabela 1, sendo assim é possível enxergar um enorme potencial energético através da utilização da biomassa proveniente dos resíduos gerados no setor agrícola.

Tabela 1 - Produção anual mundial de alguns produtos para obtenção de energia.

Matéria-Prima	Produção (Ton)
Cana-de-Açúcar	1,859,390,044
Milho	1,219,093,274
Arroz	787,293,867
Soja	371,693,593
Beterraba	270,156,001
Algodão	73,736,194
Mandioca (folhas)	86,575

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BANCO DE DADOS FAOSTAT, 2021).

III.8 – Principais componentes da Biomassa

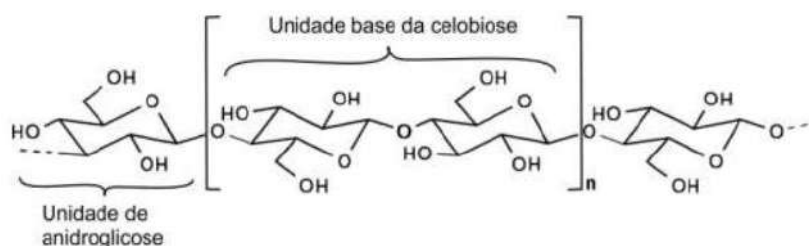
Conforme apresentado nos tópicos anteriores, a biomassa é uma fonte de energia renovável que pode ser obtida a partir de materiais orgânicos de origem

vegetal, animal e microbiológica. Dentre os principais componentes da biomassa, destacam-se a celulose, hemicelulose e lignina. A seguir serão apresentadas algumas características dos principais componentes da biomassa.

IV.8.1 – Celulose

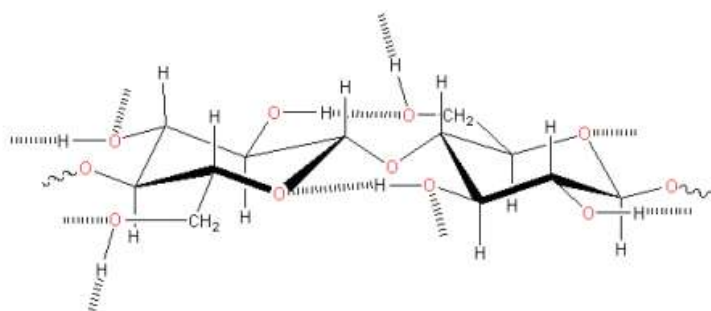
A celulose é um dos principais componentes da biomassa, estando presente nas fibras vegetais. É um polímero natural formado pelas ligações 1,4 β -D-glicose do monômero anidroglicose, sua estrutura apresenta inúmeras ligações de hidrogênio inter e intramolecular, a celulose é considerada um material semicristalino. A unidade mínima da celulose é denominada celobiose, enquanto a glicose é a unidade base das cadeias. Por apresentar estrutura linear, devido as ligações glicosídicas, são possibilitadas a formação de ligações de hidrogênio intra e intermoleculares, causando a agregação das cadeias, apresentando assim, alto grau de cristalinidade. Essa característica fornece elevada resistência e explica o fato de a celulose ser insolúvel em muitos solventes (MOTHÉ; MIRANDA, 2013). Nas Figuras 10 e 11 é possível visualizar a estrutura molecular da celulose e as ligações de hidrogênio.

Figura 10 - Estrutura molecular da celulose.



Fonte: PORTELLA, 2018.

Figura 11 - Ligações de hidrogênio no polímero de celulose.

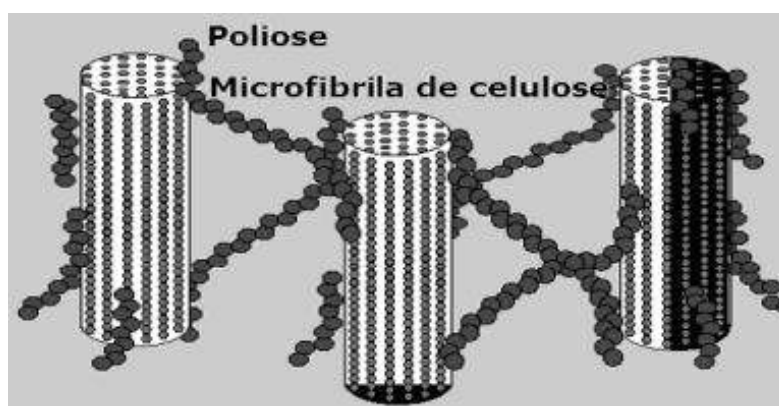


Fonte: DONINI et al., 2010.

III.8.2 – Hemicelulose

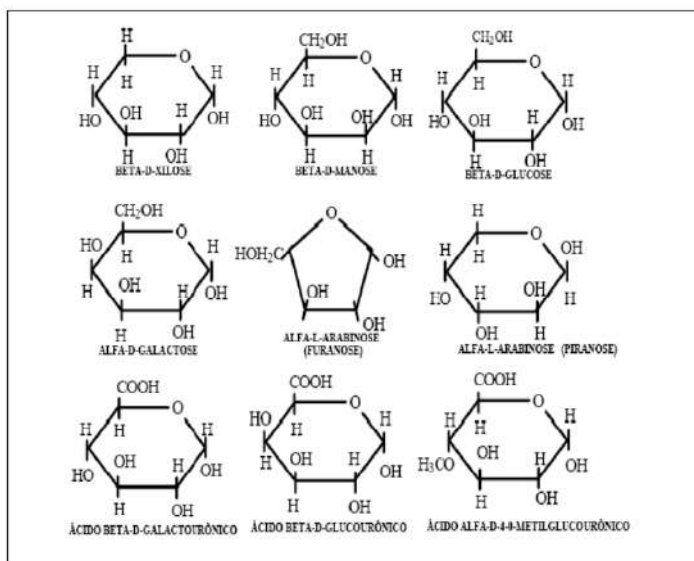
A hemicelulose, representada na Figura 12, é um tipo de carboidrato complexo componente da biomassa vegetal. É um polímero composto por açúcares de cinco carbonos (pentoses) e seis carbonos (hexoses), sendo altamente ramificado. Em comparação com a celulose, a hemicelulose pode ser hidrolisada mais facilmente, esse fato é explicado devido a presença de ramificações e sua natureza amorfa (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

Figura 12 - Ligações polioses (hemiceluloses) com celulose (microfibrilas).



Fonte: MOTHÉ; MIRANDA, 2013.

Devido à sua estrutura amorfa e ausência de cristalinidade, a hemicelulose apresenta uma configuração irregular que permite que ela absorva água com facilidade. Isso, por sua vez, aumenta a flexibilidade das fibras e contribui para o aumento da área específica ou de ligação das fibras. Sendo assim, a hemicelulose é responsável por promover a flexibilidade das plantas. A hemicelulose é um polímero composto por diferentes unidades de açúcares, expressos na Figura 13, como: β -D-xilose, β -D-D-manose, β -D-glucose, α -L-arabinose, α -D-galactose, ácido β -D-glucourônico, ácido β -D-galactourônico, ácido α -D-4-O-metilglucurônico (NAVARRO, 2011).

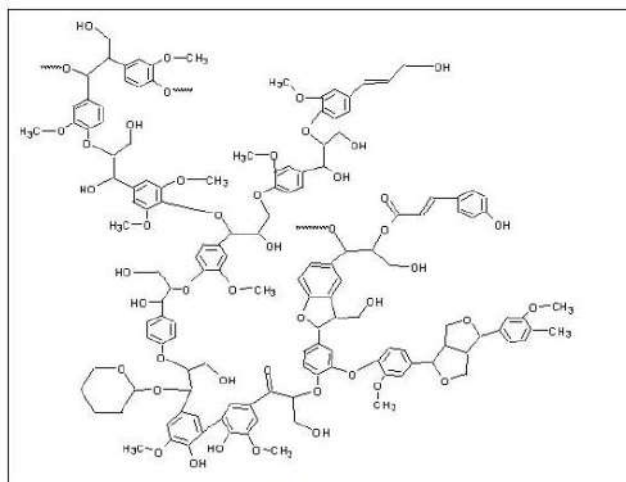
Figura 13 - Açúcares componentes da Hemicelulose.

Fonte: NAVARRO, 2011.

III.8.3 – Lignina

A lignina é um dos principais componentes da biomassa, é um composto orgânico presente nas paredes celulares das plantas. É um polímero natural composto por unidades fenólicas, mais especificamente, fenilpropanóides consistindo primariamente de álcoois coniferílico, sinapílico e paracumarílico. É um polímero amorfo, hidrofóbico e com estrutura altamente ramificada (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

Nos vegetais a lignina desempenha papel fundamental no transporte de água, nutrientes e metabólitos, além disso, é um composto responsável pela resistência mecânica dos vegetais e protege os tecidos celulares do ataque de micro-organismos. As cadeias de lignina apresentam inúmeras interligações, a principal ligação entre as unidades fenólicas são as ligações éteres, a presença da lignina entre as fibrilas é semelhante a atuação de um cimento, cuja força de adesão é devido a existência de ligações covalentes entre celulose-lignina e lignina-hemicelulose (NAVARRO, 2011). Na Figura 14 é possível observar a estrutura geral da lignina.

Figura 14 - Parte da estrutura da Lignina.

Fonte: NAVARRO, 2011.

III.8.4 – Extrativos

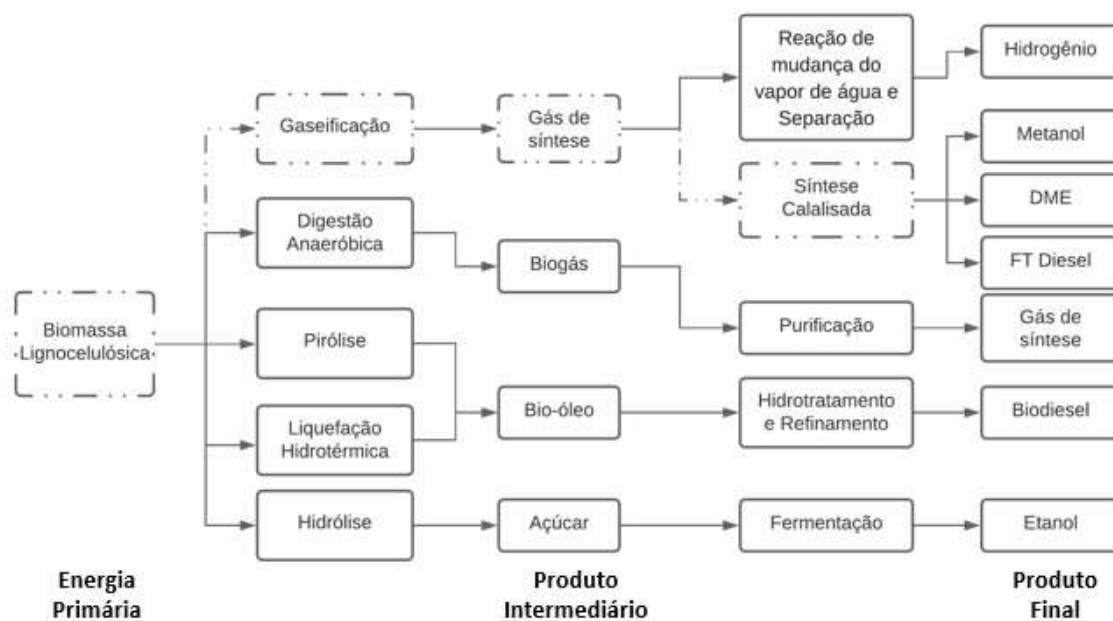
Os compostos extrativos são diferentes dos demais componentes da biomassa, pois não fazem parte da parede celular e possuem menor massa molecular. Eles são constituídos por uma grande variedade de compostos orgânicos e podem ser divididos em duas classes. A primeira classe é formada pelos materiais que podem ser extraídos em água ou solventes orgânicos neutros e até mesmo por vaporização. A segunda classe é composta por materiais que não podem ser extraídos por esses agentes, como compostos inorgânicos, proteínas e substâncias pécticas (NAVARRO, 2011). Exemplos de compostos extrativos são: óleos voláteis, terpenos, esteroides, ácidos graxos, entre outros (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

III.9 – Tecnologias de conversão da Biomassa

Conforme apresentado, a biomassa é uma das fontes alternativas de energia, capaz de promover a descarbonização da matriz energética e auxiliar na mitigação das mudanças climáticas. Contudo, para transformar a biomassa em energia utilizável, é necessário empregar tecnologias de conversão que possam extrair o máximo de energia a partir da biomassa disponível. Existem diversas tecnologias de conversão de biomassa disponíveis, cada uma com vantagens e limitações específicas. Neste tópico será apresentado o princípio de funcionamento algumas tecnologias de conversão de biomassa: combustão direta, liquefação direta, gaseificação, pirólise, fermentação, digestão anaeróbia e transesterificação. Na

Figura 15 é possível observar a variedade de combustíveis que podem ser obtidos através das diversas tecnologias de conversão de biomassa. Entre eles estão: hidrogênio, metanol, DME (Dimetil Éter), FT Diesel (diesel obtido a partir da reação de *Fischer-Tropsch*), gás de síntese, biodiesel e etanol.

Figura 15 - Tecnologias de conversão e combustíveis produzidos.



Fonte: AGGARWAL, 2013.

A conversão de energia a partir de biomassa pode ser realizada de diferentes maneiras, desde processos simples de queima até técnicas industriais complexas com diversos níveis de controle. De acordo com Freitas (2016), esses processos podem ser classificados de acordo com o tipo de transformação aplicada à fonte de energia, sendo eles:

- Processo de conversão termoquímica: inclui a combustão direta, gaseificação e pirólise;
- Processo de conversão físico-química: inclui prensagem, extração e esterificação;
- Processo de conversão bioquímica ou biológica: inclui digestão anaeróbica, fermentação e hidrólise.

Cada um desses processos possui vantagens e desvantagens e pode ser mais adequado para diferentes tipos de biomassa e finalidades de uso da energia gerada.

III.9.1 – Combustão Direta

A tecnologia de combustão direta de biomassa é uma técnica utilizada na indústria para fornecer calor e energia. Embora seja uma técnica tradicional, ela apresenta baixa eficiência geral e emite poluentes significativos. É possível utilizar a combustão direta para geração de eletricidade, sendo comum a utilização de resíduos agrícolas em fornos e caldeiras, gerando vapor que posteriormente são direcionados a turbinas (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

No entanto, existem muitos desafios operacionais e ambientais associados à tecnologia de combustão direta de biomassa, incluindo a característica de baixa densidade de resíduos agrícolas, alto teor de umidade, baixo ponto de fusão das cinzas e alto teor de matéria volátil. A falta de informações sobre as propriedades físicas e químicas das diversas matérias-primas de biomassa é um fator que impede o desenvolvimento de modelos confiáveis de cinética e transporte de calor. Com isso torna-se desafiador simular a combustão e as emissões a partir da biomassa (AGGARWAL, 2013).

Ainda de acordo com Aggarwal (2013), à medida que essas informações se tornam disponíveis, é possível utilizar softwares existentes desenvolvidos para a simulação de combustão de carvão, e modificar parâmetros para simular a combustão e emissões a partir da biomassa. A tecnologia de combustão direta de biomassa ainda apresenta muitos desafios, mas com o avanço das pesquisas, é possível aprimorar a eficiência e reduzir a emissão de poluentes.

Diante das tecnologias de conversão existentes a combustão direta é a mais amplamente utilizada, entretanto a baixa eficiência no ciclo de vapor é um fator importante para a não utilização da biomassa para geração de eletricidade de forma ilimitada. Operação em caldeiras comuns de biomassa apresentam uma eficiência de aproximadamente 15 a 28%, sendo considerada baixa (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

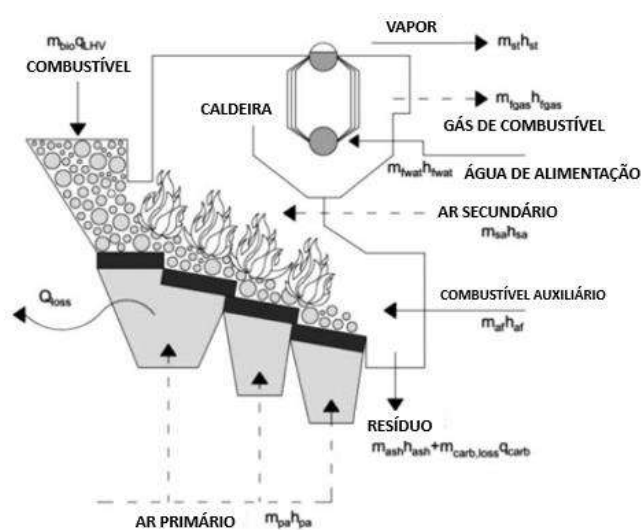
Resumidamente, a combustão direta da biomassa é caracterizada pela decomposição térmica do combustível e sua combustão em um mesmo ambiente físico, geralmente uma fornalha. O processo requer que todo o combustível, seja ele primário ou um subproduto deste, seja consumido no processo, sendo a queima total condicionada ao fornecimento suficiente de oxigênio. Como resultado, a combustão

direta da biomassa, é produzido gás de combustão a elevada temperatura composto, sobretudo, por dióxido de carbono, nitrogênio e água (FREITAS, 2016).

III.9.1.2 – Ciclos a Vapor

Neste processo a biomassa é queimada no compartimento de combustão, representado na Figura 16, da caldeira, aquecendo a água e produzindo vapor. O vapor é direcionado para o superaquecedor, equipamento que consiste em uma serpentina envolvida pelos gases residuais de combustão. Finalmente o vapor em altas temperaturas é direcionado para as turbinas, acopladas a um gerador elétrico. O funcionamento desta planta consiste em transformar energia térmica em energia mecânica, que é posteriormente transformada em energia elétrica. Os gases residuais são direcionados para as chaminés (RENDEIRO et al, 2008).

Figura 16 - Modelo de combustor de biomassa.



Fonte: DESIDERI; FANTOZZI, 2013.

Ainda de acordo com Rendeiro et al. (2008), diferentes modelos de planta podem ser utilizados, sendo a opção mais simples o ciclo aberto, em que o vapor efluente da turbina é lançado na atmosfera. Embora essa seja a alternativa de menor investimento, o tratamento e aquecimento da água para vaporização são necessários, tendo em vista que a água de alimentação estará na temperatura ambiente (25°C), tornando a operação mais custosa. Para reduzir custos e aumentar a eficiência, é comum optar pelo ciclo fechado. Para isso, adiciona-se um condensador que receberá

o vapor efluente da turbina, retirando calor e tornando-o líquido, neste arranjo a água estará em cerca de 60°C, diminuindo assim os custos com aquecimento.

III.9.2 – Liquefação Direta

O processo de liquefação da biomassa consiste na decomposição das macromoléculas em fragmentos menores em presença de um catalisador, resultando em compostos predominantemente líquidos denominado bio-óleo. Os fragmentos resultantes são instáveis e reativos, e tendem a se polimerizar novamente em compostos mais pesados (POLES, 2018).

De maneira geral, o processo de liquefação consiste em três etapas principais: despolimerização, decomposição e recombinação da biomassa. Durante a despolimerização, a biomassa é decomposta em pequenos compostos, altamente reativos. Com isso, ocorre novamente a polimerização e formação do bio-óleo. Dependendo da matéria-prima, os parâmetros críticos do processo, como temperatura, tempo de residência, processo de repolimerização, condensação e decomposição dos componentes das diferentes fases podem variar (GONÇALVES, 2017). A Figura 17 resume as principais etapas do processo.

Figura 17 - Liquefação da biomassa.



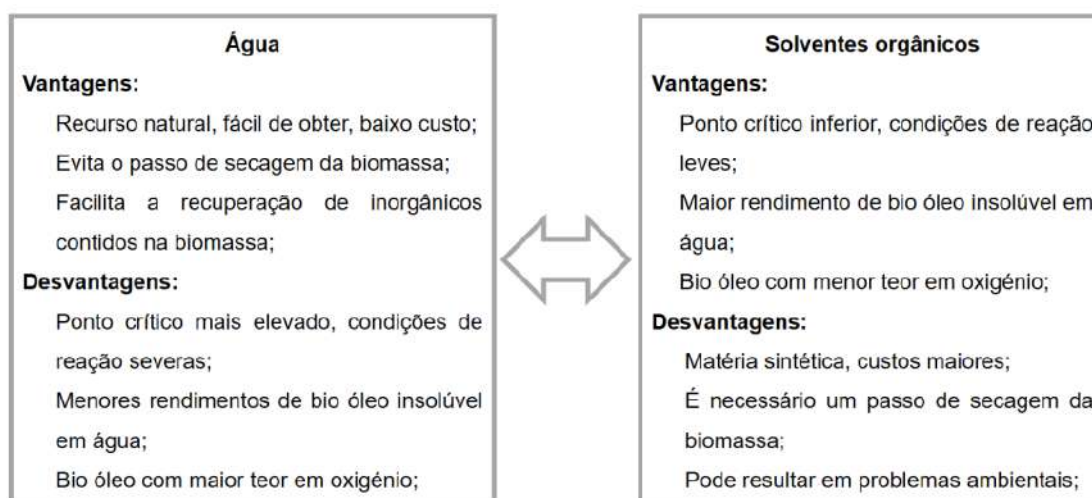
Fonte: GONÇALVES, 2017.

A liquefação direta ou hidrotérmica da biomassa (H.T.L) é um processo termoquímico que converte a biomassa em combustíveis líquidos, por meio do processamento em um ambiente com solvente quente e tempo suficiente para quebrar a estrutura polimérica sólida da biomassa em componentes líquidos. A H.T.L é uma alternativa para tratar materiais úmidos sem a necessidade de secagem prévia. De acordo com as condições de operação e o produto obtido, esse método de conversão

pode ser dividido em três processos. Em temperaturas inferiores a 250°C, o principal produto é um bio-carvão; em intervalos de temperatura intermediária entre 250 e 350°C, o processo é definido como liquefação hidrotérmica, resultando na formação de bio-óleo; e em temperaturas acima de 350°C, as reações de gaseificação predominam, e o processo é definido como gaseificação hidrotérmica, resultando na produção de um gás combustível sintético (POLES, 2018).

De acordo com Gonçalves (2017), os solventes utilizados no processo de liquefação são divididos em duas categorias: água e solventes orgânicos, a liquefação em diferentes solventes gerará resultados distintos, visto que a interação entre biomassa-solvente ocorrerá de forma e intensidades diferentes. Na Figura 18 são apresentadas algumas vantagens e desvantagens na utilização de água ou solventes orgânicos na liquefação.

Figura 18 - Vantagens e desvantagens dos solventes na liquefação.



Fonte: GONÇALVES, 2017.

Ainda de acordo com Gonçalves (2017), a água é comumente utilizada como solvente na liquefação da biomassa, devido ao fato de poluir menos o ambiente, baixo custo e facilidade de recuperação e reciclagem de componentes inorgânicos. Além disso, o uso de água como solvente elimina a necessidade de secagem prévia da biomassa, tornando o processo mais promissor. No entanto, a liquefação em água apresenta desafios operacionais e baixos rendimentos de bio-óleo. Porém sabe-se que a influência dos solventes é diferente em cada tipo de biomassa, por exemplo,

para a liquefação de biomassa lenho-celulósica, são mais eficazes solventes de alta polaridade ou capacidade de hidrogenação, como acetona, fenol e 1,4-dioxano.

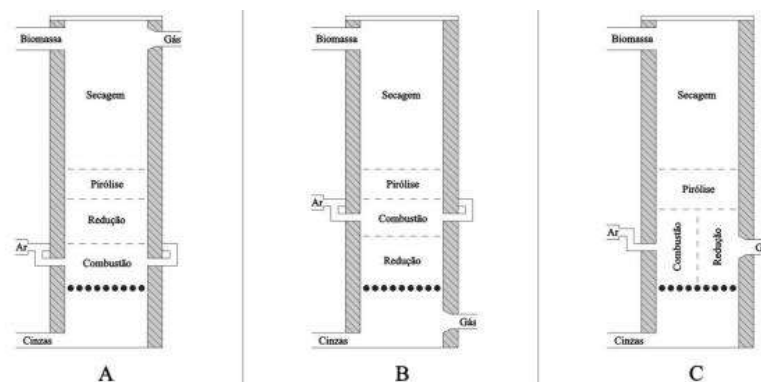
III.9.3 – Gaseificação

O processo de gaseificação é uma das rotas de conversão de biomassa mais difundidas, isso se deve ao fato de que o produto gasoso obtido é de fácil aplicação industrial ou doméstica. Este método apresenta-se de forma promissora na descentralização da produção energética, visto que pode ser utilizado acoplado a turbinas a gás, motores de combustão, ou caldeiras. (MOTHÉ; MIRANDA, 2013). A gaseificação é caracterizada pela capacidade de transformar a biomassa em formas de energia mais fáceis de serem utilizadas e transportadas (RENDEIRO et al., 2008).

A gaseificação é um processo termoquímico que envolve a conversão de biomassa em um gás combustível sintético. Esse processo é realizado através da oxidação parcial do carbono contido na biomassa, em altas temperaturas e utilizando uma quantidade controlada de um oxidante, que pode ser ar, oxigênio puro ou vapor de água. O gás obtido possui propriedades e composição variáveis, que dependem do tipo de biomassa, do gaseificador e das condições de operação utilizadas. A utilização de ar produz um gás pobre que pode ser utilizado na produção de eletricidade e vapor de água, enquanto a utilização de oxigênio puro produz o gás de síntese, que pode ser transformado em combustível líquido (GONÇALVES, 2017).

O produto obtido no processo de gaseificação é uma mistura complexa de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrogênio e metano, além de vestígios de etano e eteno, juntamente com água e nitrogênio, se o ar for utilizado como agente oxidante. O produto também pode conter contaminantes, como pequenas partículas de carbonato, cinzas, alcatrões e óleos (POLES, 2018). A Figura 19 é uma representação geral do processo de gaseificação.

Figura 19 - Gaseificadores de leito fixo contracorrente (A), concorrente (B) e cruzado (C).



Fonte: MAGALHÃES, 2020.

Ainda de acordo com Poles (2018), o processo de gaseificação é composto por 4 etapas. A primeira etapa do processo é a secagem, que é mais lenta para biomassas úmidas, por exemplo, madeira. A partir de 300°C, inicia-se a pirólise, onde ocorre a vaporização das partes voláteis e a fragmentação das partículas sólidas. A combustão é necessária, visto que fornece calor para as demais etapas. A gaseificação propriamente dita ocorre quando os produtos da pirólise reagem com o agente oxidante, geralmente ar, gerando gases permanentes e quantidades menores de hidrocarbonetos.

Embora a gaseificação tenha algumas vantagens sobre a queima direta, como menor emissão de poluentes e maior controle de queima, seu uso também apresenta desvantagens, como a tecnologia mais complexa e menor eficiência de conversão. Os gaseificadores podem ser classificados em atmosféricos e pressurizados, e em leito fixo (concorrente, contracorrente e fluxo cruzado) e leito fluidizado (borbulhante e circulante) (ANDRADE, 2007).

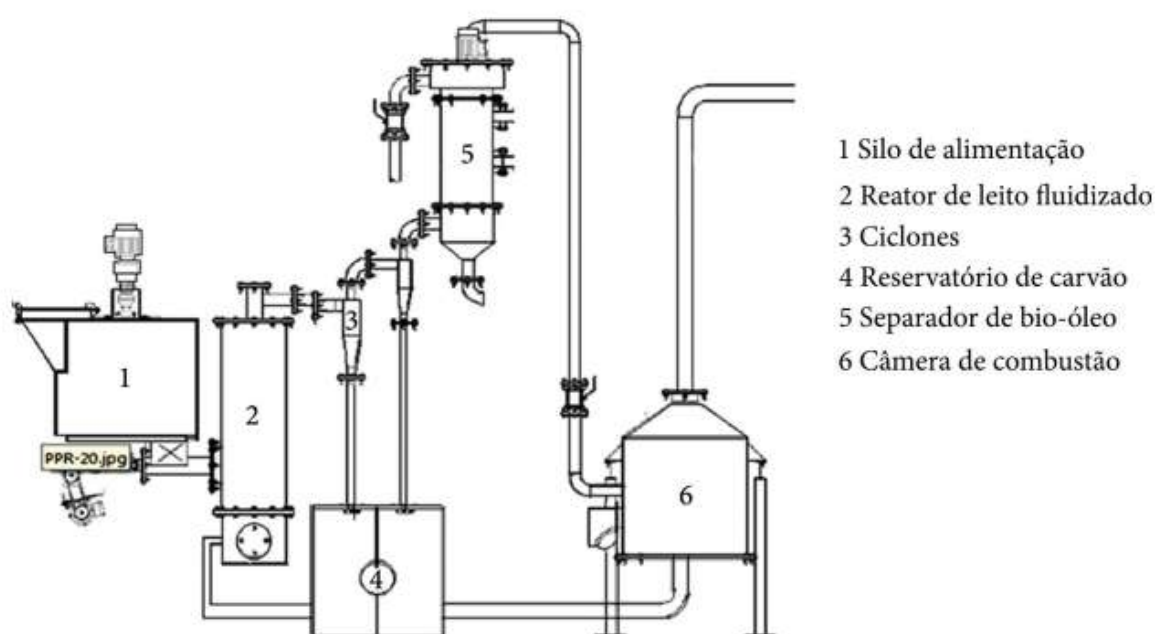
III.9.4 – Pirólise

A pirólise é uma técnica termoquímica que envolve o aquecimento da biomassa na ausência de ar para produzir líquidos, carvão e gases pirolíticos. É uma forma de conversão da biomassa em energia que não requer a presença de oxigênio, diferentemente da combustão, o que permite a produção de produtos com diferentes propriedades e aplicações. Os parâmetros de processo poderão ser otimizados visando maximizar a obtenção de determinado tipo de produto (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

Durante o processo de pirólise, representado na Figura 20, a biomassa é aquecida a altas temperaturas, dividindo suas estruturas macromoleculares em

moléculas menores e formando uma variedade de hidrocarbonetos, que são divididos em frações de gás, líquido e resíduos (carvão). Existem três tipos de operação: pirólise lenta, rápida e flash, cada um com proporções e composições diferentes de produtos pirolíticos. A pirólise lenta favorece a produção de carvão, enquanto a rápida favorece a formação de bio-óleo, e a flash ocorre em poucos segundos e requer partículas pequenas (POLES, 2018).

Figura 20 - Esquema de planta de Pirólise rápida.



Fonte: VIEIRA et al., 2014.

Ainda de acordo com Poles (2018), apesar dos avanços significativos na pesquisa, a adoção comercial da tecnologia de pirólise ainda enfrenta diversos desafios. Isso se deve em grande parte à necessidade de matéria-prima com tamanho de partícula adequado (nanobiomassa), ao uso de grandes quantidades de gás para fluidização, ao resfriamento extensivo e à presença de produtos contaminantes. Esses problemas têm dificultado a aplicação em grande escala da tecnologia de pirólise, apesar do seu potencial para produzir produtos valiosos a partir de resíduos.

III.9.5 – Fermentação

A fermentação é um processo bioquímico em que os micro-organismos utilizam substratos orgânicos, como fonte de energia. Durante a fermentação, as enzimas

produzidas pelos micro-organismos catalisam reações químicas que quebram açúcares simples ou aminoácidos em substâncias de menor massa molecular, como ácidos orgânicos e solventes, como por exemplo, o etanol. Existem muitas bactérias, leveduras e fungos que podem fermentar os açúcares, que são amplamente encontrados em plantas e animais. Os produtos gerados a partir da fermentação são, CO₂, ácidos orgânicos, hidrogênio, etanol e outros (MOTHÉ; MIRANDA, 2013).

III.9.6 – Digestão Anaeróbia

A digestão anaeróbia, representada na Figura 21, é um processo biológico que ocorre na ausência de oxigênio, no qual a matéria orgânica é degradada por microrganismos para produzir biogás e resíduos estabilizados. Essa tecnologia tem se mostrado promissora como uma abordagem sustentável para a descarbonização energética a partir da biomassa (KUNZ et al., 2022).

O processo de digestão anaeróbia envolve um consórcio complexo de microrganismos, principalmente bactérias anaeróbias, que atuam em diferentes estágios de degradação da matéria orgânica. Esses microrganismos são capazes de quebrar as moléculas complexas presentes na biomassa, como resíduos agrícolas, resíduos alimentares e dejetos animais, em compostos mais simples, como ácidos orgânicos. Esses ácidos orgânicos são então convertidos em biogás, principalmente metano e dióxido de carbono, água, gás sulfídrico, e amônia por meio de reações bioquímicas. O processo pode ser dividido em quatro etapas distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (SILVA, 2022).

Um dos principais benefícios da digestão anaeróbia é a produção de biogás, um combustível renovável que pode ser utilizado para a geração de calor, eletricidade, além da existência da possibilidade de ser submetido a processos de purificação para utilização na forma de combustível (GNV) para veículos. Adicionalmente, durante o processo de digestão anaeróbia, ocorre a redução da quantidade de resíduos orgânicos, contribuindo para a gestão sustentável dos resíduos e evitando a emissão de gases nocivos à atmosfera (ZANETTE, 2009).

Figura 21 - Biodigestor tipo Lagoa Coberta.

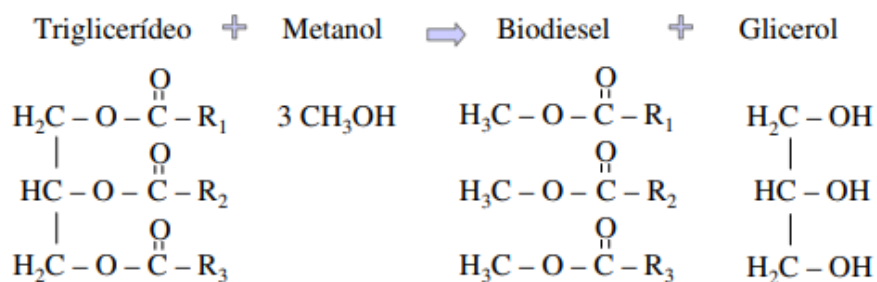


Fonte: KUNZ et al., 2022.

Outro ponto relevante a ser destacado é a utilização dos resíduos provenientes da digestão anaeróbia, conhecidos como digestato, como um fertilizante orgânico de alta qualidade. O digestato possui nutrientes essenciais para as plantas, o que pode contribuir para a redução do uso de fertilizantes químicos, além de promover a reciclagem de nutrientes e a melhoria da fertilidade do solo (HORTA, 2022).

III.9.7 – Transesterificação

A transesterificação, representada na Figura 22, é um processo químico de grande importância, que consiste na transformação de ésteres por meio da troca de grupos alcóxidos. No caso da transesterificação de óleos vegetais, ocorre a reação entre triglicerídeos e álcoois na presença de um catalisador, resultando na formação de uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos e glicerol. O biodiesel, obtido por esse processo, apresenta vantagens em relação ao óleo diesel mineral, como a redução na emissão de poluentes, biodegradabilidade, maior ponto de fulgor e capacidade de lubrificação, sendo um combustível renovável e ecologicamente correto. A glicerina é um co-produto gerado durante a transesterificação (GARCIA, 2006).

Figura 22 - Reação de transesterificação.

Fonte: GARCIA, 2006.

Diversas fontes de matéria-prima podem ser aproveitadas na produção de biodiesel, contendo tanto triglicerídeos como ácidos graxos em sua composição. Essas fontes incluem óleos vegetais, gorduras animais, óleos residuais de fritura e até mesmo matérias graxas provenientes de esgoto. As matérias-primas para obtenção do biocombustível são agrupadas em quatro categorias: óleos e gorduras de origem animal, óleos e gorduras de origem vegetal, óleos residuais de fritura e matérias graxas de esgoto. Essa diversidade de fontes de matéria-prima permite a utilização de recursos disponíveis e contribui para a sustentabilidade do processo de produção de biodiesel (ENCARNAÇÃO, 2008).

III.10 – Propriedade industrial - patentes

A lei brasileira que regula a propriedade industrial é a Lei de Propriedade Industrial (LPI) N° 9.279/1996 cujo órgão responsável é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), que é uma Autarquia Federal (BRASIL, 1996).

Esta lei dispõe que os direitos são concedidos a: patentes de invenção e de modelo de utilidade; registro de desenho industrial; registro de marca; indicações geográficas e repressão à concorrência desleal. Sendo excluídos de proteção as descobertas, teorias científicas e modelos matemáticos, concepções abstratas, obras literárias e de criação estética, softwares de computador, regras de jogos, técnicas e métodos cirúrgicos ou de diagnóstico, materiais biológicos e todo ou parte de seres vivos.

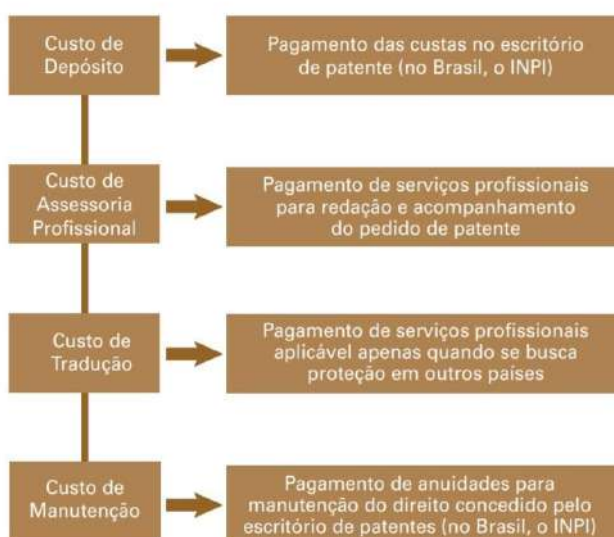
A patente é um direito temporário concedido pelo Estado aos inventores ou autores, que garante a exclusividade sobre uma invenção ou modelo de utilidade. O detentor da patente tem o poder de impedir que terceiros produzam, usem, vendam ou importem o produto patentado sem sua autorização durante o período de vigência

da exclusividade. Em contrapartida, o inventor deve divulgar detalhadamente o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente (PARANHOS; RIBEIRO, 2018). A patente será concedida ao autor da invenção ou modelo de utilidade, podendo ser este um conjunto de pessoas, a si mesmo, herdeiros ou cessionário, por contrato de trabalho ou a quem tenha direito por lei (BRASIL,1996).

Ainda de acordo com a Constituição Federal, para ser patenteável qualquer invenção deve possuir os requisitos de novidade, atividade inventiva ou aplicação industrial. Assim, uma invenção é uma maneira ou técnica nova de solucionar um problema, devendo ter uma intervenção humana, ou seja, passar por algum tipo de processamento ou técnica para ser considerada uma atividade inventiva e por fim essa invenção deve poder ser produzida em larga escala para possuir aplicação industrial. Além da invenção pode-se patentear um modelo de utilidade, que é a otimização ou aperfeiçoamento, assim como nova disposição de um produto já existente no mercado (JUNGMANN, 2010).

A Figura 23 apresenta um breve resumo dos custos envolvidos na aplicação de patentes.

Figura 23 - Custos das patentes.



Fonte: JUNGMANN, 2010.

Essas proteções visam incentivar a criação de inovações, permitindo que os recursos investidos na criação de novas tecnologias sejam recompensados pelos inventores (PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

Segundo Jungmann, 2010, seja uma patente de invenção ou modelo de utilidade, esses documentos possuem grande valor de negócio, permitindo às empresas adquirirem novas patentes sobre produtos ou processos, pois o titular pode vender ou licenciá-las, a partir do pagamento de royalties. As empresas detentoras das patentes possuem o poder para venda, fabricação, utilização e impedimento que outros façam o mesmo.

Em relação ao período de vigência das patentes, há diferenças entre a de invenção e de modelo de utilidade. A primeira tem validade de 20 anos a partir da data do depósito, a segunda tem validade de 15 anos a partir da data do depósito.

Há diversas finalidades para o uso de patentes, além do direito à exclusividade por um período, promove o avanço do desenvolvimento tecnológico e progresso da inovação para a população. O direito de exclusividade é válido no país ou região onde a patente foi solicitada e concedida, de acordo com a legislação local. A responsabilidade pelo monitoramento e identificação de violações de patentes recai sobre o titular da patente, que pode explorar sua invenção, conceder licenças de exploração ou transferir o direito de propriedade para terceiros (PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

III.10.1 – Classificação de patentes

A Classificação Internacional de Patentes (*International Patent Classification - IPC*) é reconhecida internacionalmente como um dos sistemas de classificação mais precisos disponíveis, no qual os pedidos de patentes são classificados. É mantido pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO) e é usado em mais de 100 países em todo o mundo.

A classificação IPC possui uma estrutura hierárquica e é subdividida em seções, classes, subclasses, grupos e subgrupos. A IPC atualmente divide a tecnologia em cerca de 70.000 áreas.

O termo família é conceito importante relacionado aos documentos patentários. Uma família de patentes é um conjunto de patentes relacionadas que derivam de uma invenção original. A patente mãe é seguida por patentes filhas, como patentes de

continuação, divisionais e de continuação em parte. Essas patentes protegem diferentes aspectos, variações ou melhorias da invenção, garantindo ao inventor direitos exclusivos. Ter uma família de patentes fortalece a proteção, dificultando a contornagem por concorrentes, e proporciona uma posição mais forte no mercado (INPI, 2021).

Na IPC, a tecnologia é dividida em oito seções principais, como apresentado no Quadro 1:

Quadro 1 - Seções principais da classificação IPC.

Letra	Nome da seção
A	Necessidades humanas
B	Realização de operações; transporte
C	Química e metalurgia
D	Têxteis e papel
E	Construções fixas
F	Engenharia mecânica; iluminação; aquecimento; armas; explosão
G	Física
H	Eletricidade

Fonte: INPI, 2021.

O exemplo de uma classificação IPC completa é mostrado no Quadro 2:

Quadro 2 - Exemplo de nomenclatura de classificação IPC completa.

Nomenclatura	Código	Descrição
Seção	C	Química; metalurgia
Classe	C01	Química inorgânica
Subclasse	C01B	Elementos não-metálicos; seus compostos
Grupo principal	C01B3	Hidrogênio; Misturas gasosas contendo hidrogênio; Separação do hidrogênio das misturas gasosas que o contêm; Purificação de hidrogênio
Subgrupo	C01B3/02	Produção de hidrogênio ou de misturas gasosas que o contenham [2006.01]

Fonte: INPI, 2021.

Além da classificação IPC, existe também, a classificação Cooperativa de Patentes CPC (*Cooperative Patent Classification*). A CPC é um sistema de classificação de patentes desenvolvido por uma parceria entre o USPTO e o EPO. Ela é uma extensão do sistema de Classificação Internacional de Patentes (IPC) que classifica documentos de patentes em categorias especializadas e é usado por mais de 45 escritórios de patentes. Além da CPC possuir mais subclassificações, ainda possui uma nova seção (Y), que abrange novos desenvolvimentos tecnológicos, ou “tecnologias emergentes”, ou ainda tecnologias que abrangem de forma inter-relacionada diversos setores da CPC (INPI, 2017).

III.10.2 – Prioridade de patentes verdes

Nas últimas décadas existe uma tendência mundial na priorização dos exames de patentes verdes. Desde 2009, diversos países, especialmente os mais industrializados, têm implementado medidas para acelerar o processo de análise e concessão de pedidos de patentes verdes. Isso inclui países como Reino Unido, Estados Unidos, Austrália, Coreia, Japão, Israel e Canadá. Mais recentemente, economias emergentes como Brasil e China também estão adotando essa tendência (RICHTER, 2014).

No cenário brasileiro, na LPI há indicações de como proceder em pedidos que demandam prioridade, porém o próprio INPI possui um Programa de Patentes Verdes com trâmite prioritário. Esse programa visa priorizar e acelerar a tramitação das patentes que se relacionam com desenvolvimento de tecnologias voltadas para o meio ambiente, com o intuito de colaborar com as ações de enfrentamento às mudanças climáticas, como o aquecimento global e ainda incentivar o país a buscar novas tecnologias.

O programa teve início com um projeto piloto de 2012 a 2016 e se mantém até os dias de hoje. Dentre as áreas da tecnologia verde abrangidas pelo programa se destacam: geração de energias alternativas, transportes, conservação de energia, gerenciamento de resíduos e agricultura sustentável (GOV.BR, 2023)).

III.10.3 – Prospecção e mapeamento tecnológico

Sendo a Carta Patente um documento que confere ao titular o direito de impedir terceiros de explorar uma invenção, resultante de um processo de pesquisa e

desenvolvimento, o acesso a informações tecnológicas desempenha papel crucial para o sucesso das estratégias e inteligência competitiva das empresas. Portanto, a prospecção tecnológica é crucial na redução de incertezas e na tomada de decisão estratégica, fornecendo informações sobre desenvolvimentos científicos, tendências de mercado e concorrentes, facilitando a inovação e a vantagem competitiva. É importante ressaltar que estudos de prospecção não visam prever o futuro, mas sim auxiliar na definição e análise de estratégias para alcançar um futuro desejável. Em um estudo prospectivo, é necessário selecionar as técnicas e métodos mais adequados para atingir o objetivo desejado, levando em consideração a área de conhecimento, o custo envolvido e a abrangência pretendida (PARANHOS; RIBEIRO, 2018).

A análise de mapeamentos de patentes revela tendências tecnológicas e identifica inventores, detentores de direitos e tipos de tecnologias. Análises quantitativas examinam o número de documentos de patentes, enquanto análises qualitativas se concentram no conteúdo das patentes. Essas informações as representações gráficas auxiliam na avaliação da competitividade em ciência e tecnologia, além de fornecerem insumos valiosos para estudos de inteligência competitiva e prospectiva, revelando tendências e atores relevantes (QUINTELLA et al. 2018).

III.10.4 – Base Derwent

Derwent Innovation é uma plataforma de análise e pesquisa de patentes que fornece acesso a dados globais de patentes, literatura científica e informações comerciais e jurídicas. É um produto da *Clarivate Analytics*, fornecedora líder de informações e insights para acelerar o ritmo da inovação. Acesso realizado através da plataforma Periódicos CAPES.

A base de dados *Derwent Innovations Index* (1966-presente) combina informações exclusivas de patentes com valor agregado indexadas de mais de 50 órgãos emissores de patentes no *Derwent World Patent Index* desde 1963 até presente, com citações de patentes indexadas do *Derwent Patents Citation Index* desde 1973 até presente.

III.10.5 – Base Espacenet

A base *Espacenet* é um banco de dados on-line gratuito fornecido pelo Escritório Europeu de Patentes (EPO) que oferece acesso a mais de 120 milhões de documentos de patentes de todo o mundo. É um dos maiores bancos de dados de patentes disponíveis, contendo documentos de patentes de mais de 100 países e regiões, incluindo o Escritório Europeu de Patentes, o Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos, a Organização Mundial de Propriedade Intelectual e muitos outros.

III.10.6 – Base USPTO

A sigla USPTO significa Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos. É uma agência federal do Departamento de Comércio dos Estados Unidos responsável pela concessão de patentes e registro de marcas nos Estados Unidos.

III.10.7 – Base Patentscope

O *Patentscope* é uma ferramenta on-line gratuita fornecida pela Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO em inglês). A Organização Mundial da Propriedade Intelectual é o fórum global para serviços de propriedade (IP), política, informação e cooperação. A OMPI é uma agência autofinanciada das Nações Unidas, com 193 Estados membros.

IV. Metodologia

IV.1 Estratégia para escolha de base

Com o intuito de realizar um mapeamento tecnológico sobre a utilização de biomassa para fim de geração de energia, o primeiro passo foi buscar sobre o tema em diferentes bases patentárias para decisão de qual base seria escolhida como fonte de busca. As bases pré-selecionadas foram: *Derwent*, *Espacenet*, *USPTO* e *Patentscope*.

Foi realizada uma busca em temas tangentes a energias fósseis e biomassa como energia renovável nessas 4 bases citadas anteriormente. Os 5 conjuntos de palavras-chave utilizados na pesquisa estão listados no Quadro 3.

Quadro 3 - Combinações de palavras-chave utilizadas na busca preliminar.

Palavras-chave
<i>biomass AND "energy source"</i>
<i>oil OR petrol OR petroleum OR "crude oil" AND "energy source"</i>
<i>coal AND "energy source"</i>
<i>natural gas AND "energy source"</i>
<i>"shale gas" OR "shale oil" OR xist OR "bituminous sand" OR oil sands OR "tar sands" AND "energy source"</i>

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA.

A estratégia de buscas consistiu em:

- limitar os campos de busca para título e resumos, pois são os campos nos quais as palavras-chave da patente apresentam maior relevância;
- filtrou-se os pedidos de patentes publicados até o dia 31/12/2021, devido ao período de sigilo das patentes, 18 meses a partir da data de depósito ou da prioridade mais antiga.

A pesquisa do conjunto de palavras-chave realizada nas 4 bases foi feita no dia 14/04/2023. O espaço dado entre a data limite da publicação e a data do dia da

pesquisa faz que os resultados tenham maior confiabilidade de que o número de resultados está atualizado até a data estipulada na busca.

Além do auxílio na tomada de decisão da escolha da base de patentes, essa pesquisa inicial gerou uma análise sobre o número de documentos relacionados a fontes fósseis tradicionais *versus* a biomassa.

IV.1.1 Base *Derwent*

Na base *Derwent*, para especificar o intervalo de busca desejado, clicou-se em “adicionar intervalo de datas” e digitou-se o intervalo de datas. Utilizou-se o intervalo iniciando no primeiro dia de 1966, que é a primeira data disponível. Além disso, a opção “Pesquisa exata” foi ativada, com isso, a pesquisa é limitada ao termo exato digitado no campo de pesquisa. Os termos utilizados na busca foram: TS=(biomass AND "energy source").

Os campos e filtros utilizados na realização da busca estão evidenciados na Figura 24.

Figura 24 – Print de tela da busca de patentes realizada na base *Derwent Innovation*.

The screenshot shows the search interface for Derwent Innovation. At the top, there are tabs for 'DOCUMENTOS' and 'PESQUISADORES'. Below this, it says 'Pesquisar em: Derwent Innovations Index'. There is a section for 'Adicionar termos à visualização da consulta' with a dropdown menu set to 'Tópico' and a search box containing 'biomass and "energy source"'. A button 'Adicionar à busca' is next to it. Below that, 'Menos opções' is expanded, showing 'Pesquisa exata' checked. There is a 'Ajuda de pesquisa' link. The 'Visualização de busca' section has a search box with the text 'Insira ou edite sua busca aqui. Você também pode combinar pesquisas anteriores, por exemplo #5 AND #2'. Below the search box, there are fields for 'Data de publicação' with a dropdown, and two date input fields: '1966-01-01' and '2021-12-31', with 'até' between them. There are 'Limpar' and 'Pesquisar' buttons. On the right, there is a list of field codes under 'Rótulos do campo':

- o TS=Tópico
- o TI=Titulo
- o AU=[Inventor]
- o PN=Número da patente
- o IP=Classificação internacional da patente
- o DC=[Codigo de classe no Derwent]
- o MAN=Código
- o AC=Código do depositante
- o AE=[Depositante]
- o CP=Número de patente citado
- o CI=Número da patente citada - Expandir para incluir família
- o CAC=Destinatário citado
- o CN=Name do
- o CD=Número de acesso primário Derwent citado
- o RIN=Número de indexação do anel
- o DCN=Número de composto no Derwent
- o DRN=Número de registro no Derwent

Fonte: *WEB OF SCIENCE*.

IV.1.2 Base *Espacenet*

Para realização da busca na base *Espacenet*, utilizou-se o operador de comparação “=” para as palavras-chave, a fim de retornar resultados apenas com as

palavras exatas. Para a data de publicação foi utilizado o operador “<=” que significa menor ou igual a data referente. Utilizou-se o seguinte termo para realização da busca: Termo de busca: ta = "biomass" AND ta = "energy source" AND pd <= "2021-12-31".

Na Figura 25 é possível observar os campos e filtros utilizados na realização da busca.

Figura 25 – Print de tela da busca de patentes realizada na base *Espacenet*.

The screenshot displays the Espacenet patent search interface. At the top, the search query is entered in a search bar: "ta = \"biomass\" AND ta = \"energy source\" AND pd <= \"2021-12-31\"". Below the search bar, the interface shows the search results page. On the left, the search criteria are displayed in a structured format:

- AND** (selected) + Field
- Title or abstract (selected) = (selected) → Group
 - biomass
- Title or abstract (selected) = (selected) → Group
 - energy source
- Publication date (selected) <= (selected) → Group
 - 2021-12-31

Buttons for "Search" and "Reset" are visible below the criteria. On the right, the search results are displayed, showing "574 results found". The results are sorted by "Relevance" and the first two results are visible:

1. Straw biomass energy source block
CN103468342A • 2013-12-25 • ANHUI FU...
Earliest priority: 2012-06-06 • Earliest publi...
...The invention relates to a biomass energy source block, wherein straws discarded in the field are crushed, and are added with a certain amount of
2. Biomass energy source compressor
CN206870422U • 2018-01-12 • TAIZHOU ...
Earliest priority: 2017-06-02 • Earliest publi...
The utility model discloses a biomass energy source compressor mainly includes fixing device, compressor arrangement and conveyer, the utility

Fonte: *ESPACENET*.

IV.1.3 Base USPTO

Para realização da busca na base USPTO, selecionou-se todas as *databases* disponíveis para busca (US-PGPUB, USPAT e USOCR). E para garantir que a busca retornaria os termos exatos, a caixa “plurals” foi desmarcada. O seguinte termo de busca foi utilizado: (biomass AND "energy source").ab. OR (biomass AND "energy source").ti. AND @pd<="20211231".

Na Figura 26 é possível observar os campos e filtros utilizados na realização da busca.

Figura 26 – Print de tela da busca de patentes realizada na base USPTO.

The screenshot displays the USPTO Patent Public Search interface. The search query is: `(biomass AND "energy source").ab. OR (biomass AND "energy source").ti. AND @pd<="20211231"`. The search results show 39 results found, filtered by Family ID (39 families). The first result is highlighted, showing the following details:

DOCUMENT ID	DATE
US 20210362814 A1	PUBLISHED 2021-11-25

INVENTOR INFORMATION

NAME	CITY	STATE	ZIP CODE	COUNTRY
Carr, Fred K.	Chapel Hill	NC	N/A	US

APPLICATION NO: 17/300302
DATE FILED: 2018-10-09

US CLASS CURRENT: 1/1

CPC CURRENT: [REDACTED]

Fonte: USPTO.

IV.1.4 Base *Patentscope*

Para realizar a busca na base *Patentscope*, foram desabilitadas as opções: *Stemming*, que reduz palavras flexionadas ao seu radical ou forma raiz e *Include NPL* que inclui literaturas não patentárias no resultado. E foi habilitada a opção *Single Family Number* para que a busca retornasse apenas um membro de cada família de patentes. Com relação ao período de busca, a data de início escolhida foi 1921 para garantir a cobertura de todos os documentos. O termo de busca utilizado foi: Termo de busca: `EN_TI:(biomass AND "energy source") OR EN_AB:(biomass AND "energy source") AND DP:[1921 TO 2021]`.

Na Figura 27 é possível observar os campos e filtros utilizados na realização da busca.

Figura 27 - Print de tela da busca de patentes realizada na base *Patentscope*.

ADVANCED SEARCH ▾

EN_TI (biomass AND "energy source") OR EN_AB (biomass AND "energy source") AND DP [1921 TO 2021]

Query Assistant [Query Examples](#)

Expand with related terms

Offices
All

Languages
English

Stemming

Single Family Member

Include NPL

Fonte: *PATENTSCOPE*.

IV.2 Estratégia para mapeamento patentário

Utilizando a base *Espacenet*, foram escolhidas as palavras chaves *biomass* AND "energy source", pois o intuito é avaliar o que há de inovação e estudar sobre o papel dessa fonte energética no cenário global.

O campo de busca ficou com a seguinte sintaxe: *ta = "biomass" AND ta = "energy source" AND pd <= "2021-12-31"*. Encontrou-se um total de 574 resultados. Vale salientar que, por padrão, a data inicial de busca do *Espacenet* é 01/01/1975.

Extraíu-se do site *Espacenet* duas planilhas em Excel. A primeira planilha sendo uma lista de todas as patentes encontradas agrupadas por família e sendo representada pela patente com data de prioridade mais antiga. E a segunda, composta por todos os filtros aplicáveis no site: *Countries, Languages, Publication date, Earliest priority date, IPC main groups, IPC subgroups, CPC main groups, CPC subgroups, CPC assigning offices, Applicants, Inventors, Applicants - country, Inventors - country*.

Com os dados extraídos, tratados e organizados, foi possível construir gráficos e tabelas para realização de análises de tendências. Esses dados geraram as seguintes análises:

- Série histórica de pedidos de depósitos e publicação de patentes
- Divisão por classificação IPC e CPC

- Países depositantes
- Perfil dos depositantes

A partir da classificação CPC com maior número de documentos enquadrados, realizou-se uma nova busca utilizando essa classificação e adicionando os termos “*biomass**” e “*energ**”. A sintaxe utilizada na busca é demonstrada na tabela 2.

Quadro 4 - Estratégia de busca baseado na classificação CPC

Estratégia	Sintaxe
1	cpc = "Y02E50/00/low" AND pd <= "2021-12-31"
2	cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND pd <= "2021-12-31"
3	cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND ta = "energ*" AND pd <= "2021-12-31"
4	"3" + Filtros: Países (Familia): BR
5	"4" + Filtros: Depositantes – País: BR

Essa busca geraram as seguintes análises:

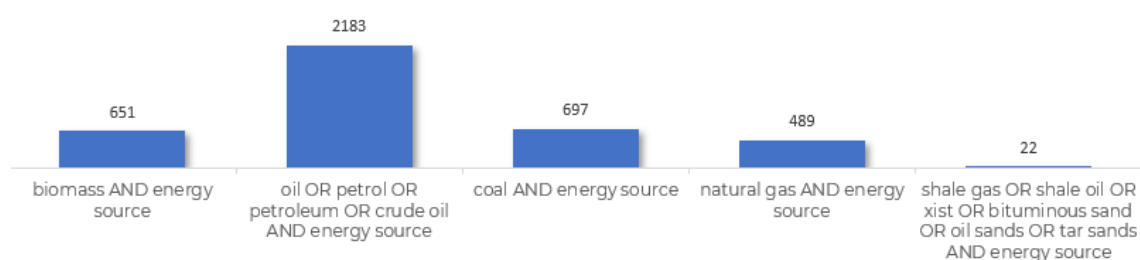
- Série histórica de publicações
- Depósitos realizados no Brasil
- Depositantes brasileiros com patentes no Brasil

V. Resultados e Discussão

V.1 Resultados da base *Derwent*

A Figura 28 mostra o número de documentos patentários encontrados para cada busca realizada com os diferentes conjuntos de palavras-chave na base de patentes *Derwent*.

Figura 28 - Resultados da busca na base *Derwent*.



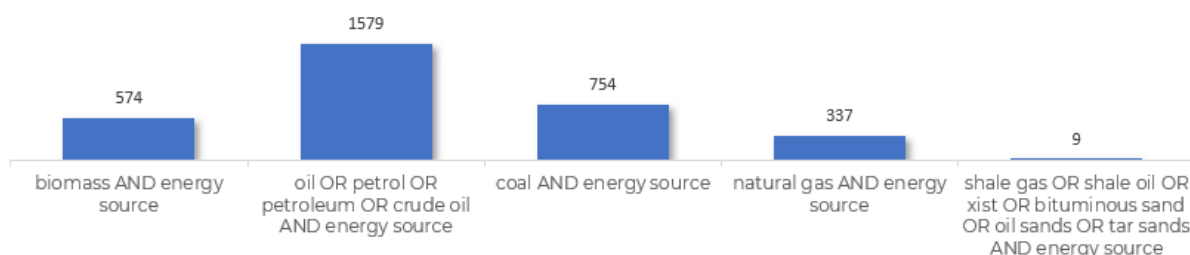
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS *DERWENT*)

A combinação de palavras-chave *oil*, *petrol*, *petroleum*, “*crude oil*” e “*energy source*” retornou o maior número de documentos, um total de 2183 documentos, um total de 2183. Por ser a fonte energética mais tradicional e utilizada mundialmente, espera-se que se tenha também um maior número de patentes quando comparadas com outras fontes energéticas. Já a combinação das palavras-chave *biomass* e “*energy source*”, relativa à biomassa, retornou 651 documentos.

V.2 Resultados da base *Espacenet*

Na Figura 29 evidencia-se o número de documentos de patentes encontradas para cada busca realizada na base de patentes *Espacenet* e a sintaxe utilizada na respectiva busca.

Figura 29 - Resultados da busca na base *Espacenet*.



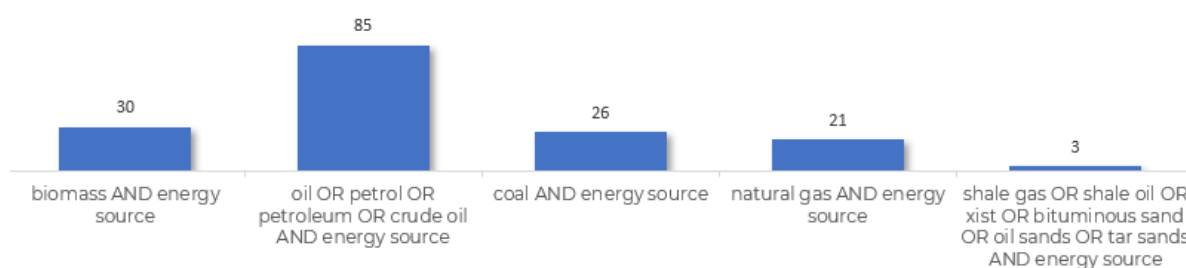
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE *ESPACENET*).

O número de patentes recuperados para a combinação de palavras-chave *oil*, *petrol*, *petroleum*, “*crude oil*” e “*energy source*” foi o maior, retornando 1579 documentos. As palavras-chave *biomass* e “*energy source*”, retornaram 574 documentos patentários, sendo a terceira com maior número de resultados.

V.3 Resultados da base USPTO

Os resultados obtidos para cada busca e diferentes conjuntos de palavras-chave utilizados ao realizar a busca na base de patentes USPTO, é apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Resultados da busca na base USPTO.



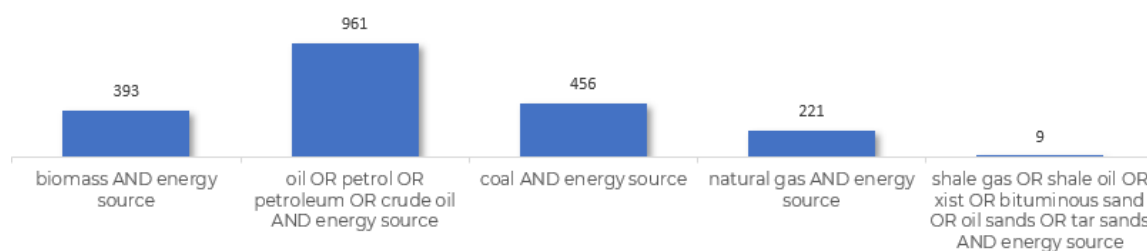
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE USPTO).

A combinação de palavras-chave *oil*, *petrol*, *petroleum*, “*crude oil*” e “*energy source*” retornou 85 documentos de patentes. A combinação *biomass* e “*energy source*”, retornou 30 documentos sendo a segunda com maior número de resultados.

V.4 Resultados da base *Patentscope*

Na Figura 31 são apresentados os resultados encontrados para cada busca realizada na base de patentes *Patentscope* e a sintaxe utilizada na respectiva busca.

Figura 31 - Resultados da busca base *Patentscope*



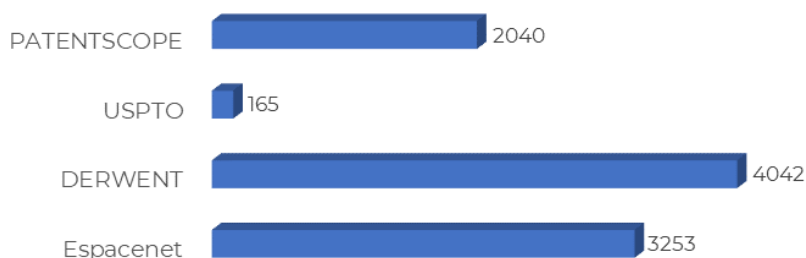
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE *PATENTSCOPE*)

Assim como nas bases anteriormente discriminadas, a combinação *oil*, *petrol*, *petroleum*, “*crude oil*” e “*energy source*” retornaram o maior número de documentos, 961 no total. A combinação *biomass* e “*energy source*”, retornou 393 documentos sendo a terceira com maior número de patentes.

V.5 Resultado geral

Somou-se todos os resultados obtidos nos 5 conjuntos de palavras-chave em todas as bases pré-selecionadas e compilou-se no gráfico mostrado na Figura 32.

Figura 32 - Resultados da busca nas bases *Derwent*, *Espacenet*, USPTO e *PatentScope*.

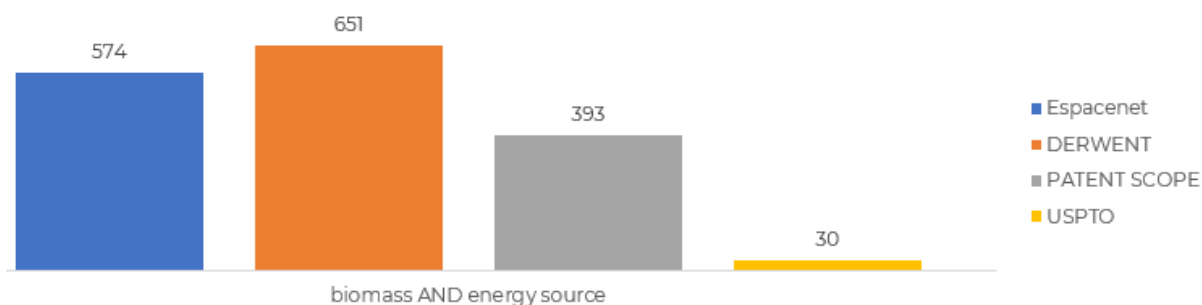


Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASES *DERWENT*, *ESPACENET*, USPTO E *PATENTSCOPE*).

A base *Derwent* foi a que apresentou o maior número de resultados no somatório de todas as combinações de palavras-chave. Seguidas por *Espacenet*, *PatentScope* e USPTO. O número inferior de resultados da USPTO em comparação às demais bases, explica-se pelo fato de a base conter apenas documentos de patentes depositadas no próprio USPTO.

Analisando apenas a combinação *biomass* e “*energy source*”, foram obtidos os seguintes resultados, expressos na Figura 33:

Figura 33 - Resultados da busca dos termos "biomass" AND "energy source" nas bases *Derwent*, *Espacenet*, USPTO e *PatentScope*.



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASES *DERWENT*, *ESPACENET*, USPTO E *PATENTSCOPE*).

A base *Derwent*, novamente foi a que apresentou o maior número de resultados com um total de 651 documentos. Seguida por *Espacenet* com 574, *PatentScope* com 393 e USPTO com 30 patentes.

Diante dos resultados obtidos, optou-se por utilizar a *Espacenet* em detrimento da *Derwent*, embora esta última tenha apresentado número maior de resultados. A escolha deve-se, principalmente, pelos fatores: praticidade de navegação, amplas opções de filtros e capacidade de exportação dos resultados em planilhas.

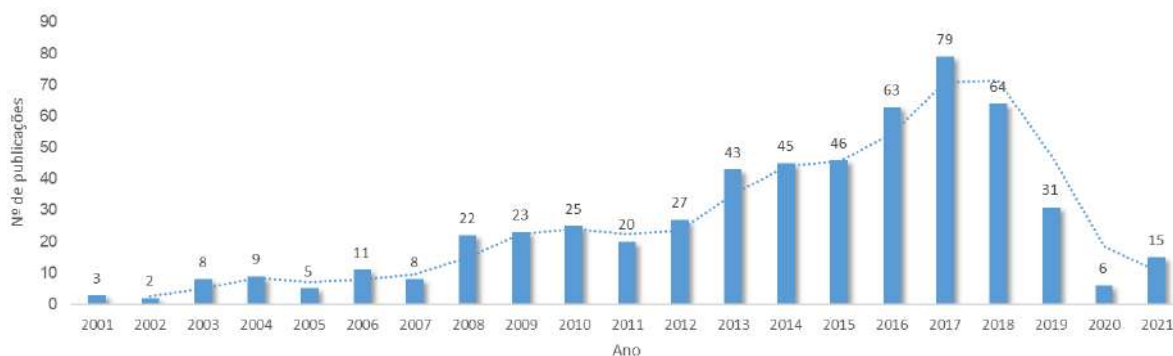
V.6 Busca por documentos de patente na base *Espacenet*

A partir da escolha da base *Espacenet* todas as análises a seguir foram realizadas a partir das buscas efetuadas nesta base. O conjunto de palavras-chave utilizado foi *biomass AND "energy source"*, o período de 1975 a 2021 e os campos de busca foram título e resumo. Essa busca retornou 574 documentos agrupados por família.

V.6.1 Série histórica

A primeira análise mostra uma série histórica dos anos de publicação dessas patentes. A data relatada corresponde à data na qual a primeira patente daquela família foi efetivamente publicada. Para que o gráfico não ficasse com legendas pequenas, excluiu-se os primeiros anos. Em todo esse período excluído (1974 a 2000), não houve mais do que duas patentes publicadas em cada ano, sendo assim, essa exclusão não impacta na análise de tendências temporais, os resultados obtidos são expressos na Figura 34.

Figura 34 - Série histórica das datas de publicações das patentes relativas ao tema biomassa.

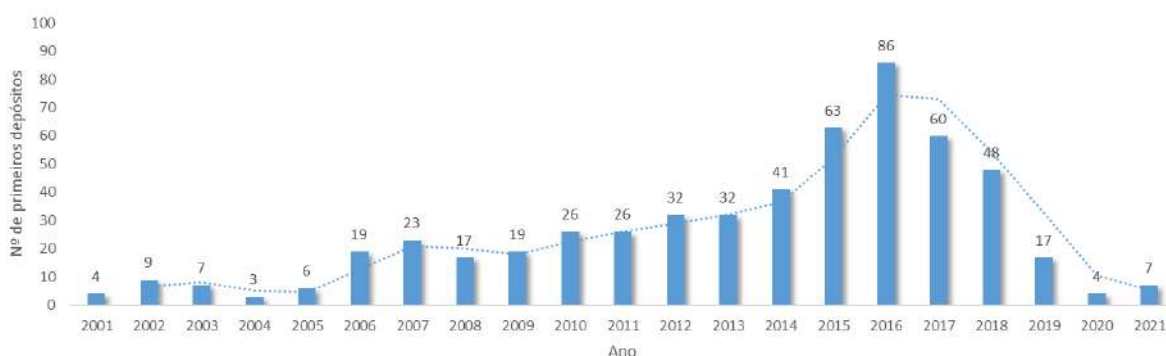


Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE *ESPACENET*).

Observa-se uma notória evolução no número de patentes relacionadas ao tema a partir de 2008. Atinge-se o pico de número de publicações no ano de 2017. A partir de 2017 observa-se uma queda expressiva.

Analisando-se as datas dos primeiros depósitos de pedidos de patente, que configura a data de prioridade das patentes, apresenta-se a mesma tendência observada anteriormente. O gráfico, expresso na Figura 35, nos permite obter uma informação mais atualizada com relação a atividade inventiva, pois representa o ano no qual o pedido de patente de invenção foi depositado.

Figura 35 - Série histórica das datas de prioridade das patentes referentes ao tema biomassa.



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE *ESPACENET*).

A pandemia da covid-19 pode ter impactado os números das publicações nos anos 2019 a 2021, houve uma queda expressiva no número de pedidos depositados. O PIB global sofreu uma queda de 3,1% no ano de 2020 (IMF, 2021). Essa crise, por consequência, pode ter afetado as atividades de pesquisa e inovação realizadas pelas empresas, universidades e outros centros de pesquisa.

Em resposta à pandemia da covid-19, laboratórios, empresas e institutos ao redor de todo o mundo foram forçados a fechar abruptamente, seja de forma parcial ou total. O trabalho foi interrompido por vários meses durante esse período.

As estratégias de P&D que alimentam os registros de propriedade intelectual e inovação são consideradas um pouco isolados das flutuações de curto prazo, pois tendem a se concentrar em objetivos a longo prazo. Por outro lado, os pesquisadores não estão imunes a interrupções operacionais ou mudanças repentinas em períodos de crise, principalmente quando as fontes de financiamento sofrem impactos.

Durante crises anteriores, os depósitos de patentes internacionais desaceleraram e diminuíram proporcionalmente à produção econômica. Os principais fatores foram: a pressão nos orçamentos de propriedade intelectual das empresas, redução do financiamento à inovação e a redução da atividade de *Startups* (HARDY; SERVER, 2021). A crise da covid-19 não foi diferente neste aspecto. Os depósitos de patentes internacionais estavam crescendo excepcionalmente rápido até o início de 2020, mas desaceleraram rapidamente a partir de março do mesmo ano (FINK et al., 2022).

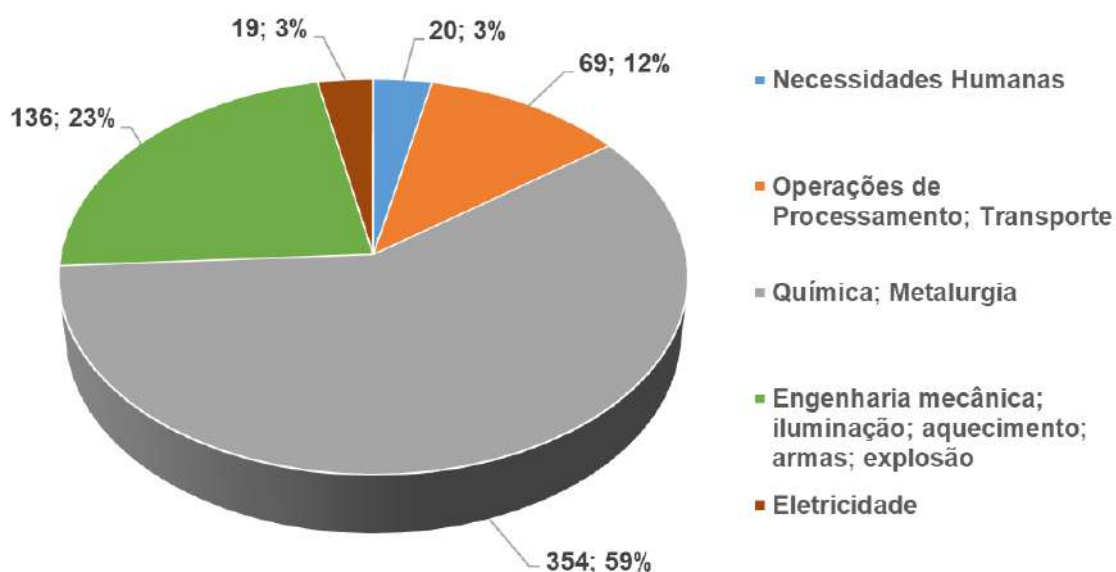
Devido ao tempo de sigilo do pedido de patentes (18 meses via CUP e 30 meses via PCT), muitos dos pedidos depositados em 2019 só começaram a ser publicados em 2021. Assim, pedidos de patentes depositados em 2020 só começaram a ser publicados no ano de 2023.

Por fim, só irá se entender o real impacto da pandemia nos anos a seguir, quanto o recorte histórico será maior e o período de sigilo de todas as patentes depositadas durante à pandemia de covid-19, terminarem.

V.6.2 Divisão por classificação IPC/CPC

A segunda análise, apresentada na Figura 36, apresenta o número de resultados por seção principal da classificação IPC. Essa análise é importante para entender como ocorre a distribuição de patentes por área de conhecimento.

Figura 36 - Número de patentes por seção principal do IPC na busca utilizando as palavras-chave "biomass" AND "energy source"



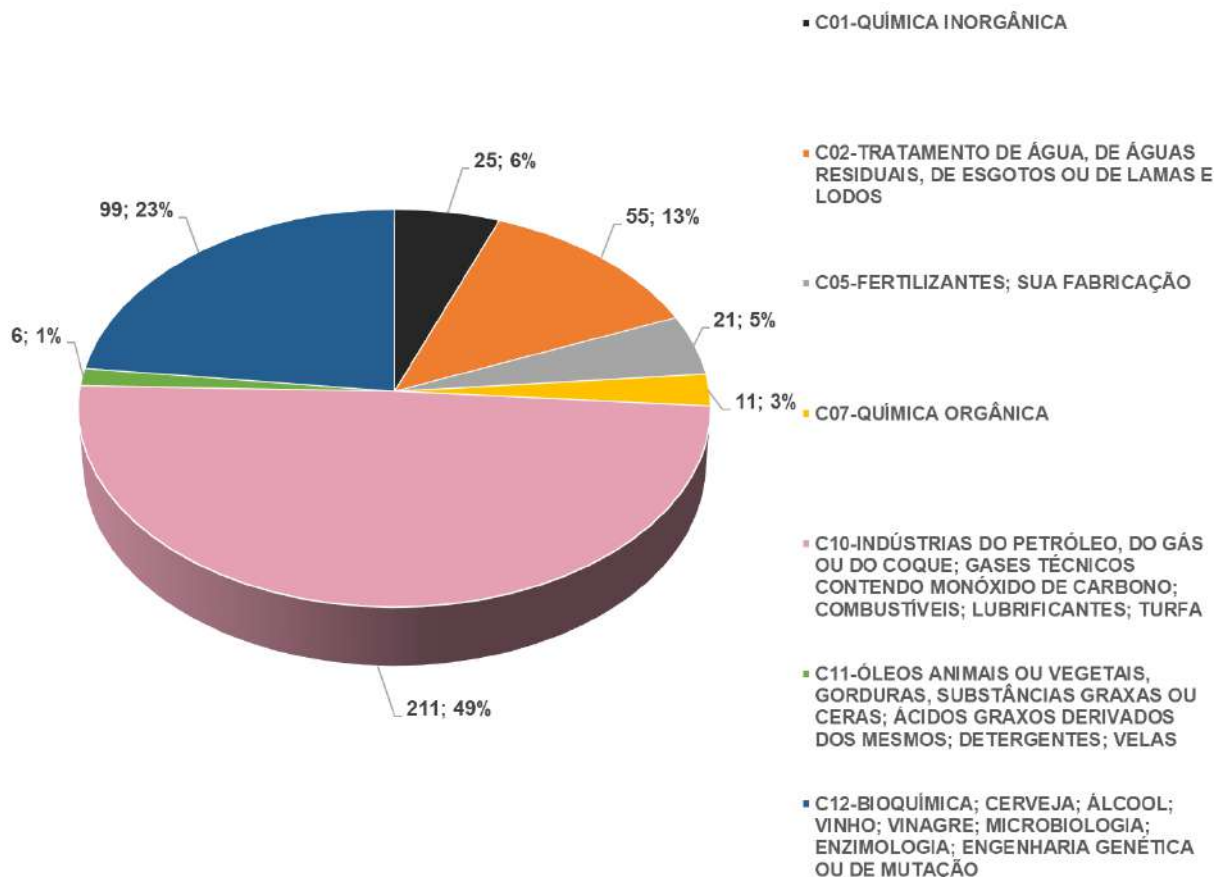
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS *ESPACENET*).

O número de documentos que se enquadram na classificação IPC pertencente a seção A: Química e Metalurgia, é muito maior que as demais, e representa 59 % dos resultados, e em segundo lugar a seção F: Engenharia mecânica, iluminação, aquecimento, armas, explosão com 23% dos resultados. Ainda aparecem a seção relativa à Operações de Processamento, Transporte com 12%; a seção de Necessidades Humanas com 3% e a seção de Eletricidade também com 3% dos documentos. As seções: Têxteis e Papel, Construções fixas e física não foram listadas.

Dentro da seção Química e Metalurgia, a grande maioria de patentes enquadravam-se nas classes relacionadas à Química. Encontraram-se apenas 4 documentos nas classes de Metalurgia.

Analisando as classes pertencentes à seção Química, construiu-se o gráfico apresentado na Figura 37.

Figura 37 – Número de patentes por classe da seção C (Química e Metalurgia) do IPC na busca dos termos "biomass" AND "energy source" na base Espacenet.



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS ESPACENET).

A classe C10 aparece em primeiro lugar, estando presente em 49% das patentes. A predominância desse explica-se através da vasta aplicação de processos de conversão e máquinas que utilizam a biomassa como fonte de combustível e para eficiência energética.

A classe C12 apresenta 23% das patentes. Nessa área encontra-se patentes com uso de biomassas celulósicas e lignocelulósicas; produção de biogás; fermentação anaeróbia e produção de bio-óleo.

A classe C02 apresenta 13%. A classe C02 abrange o aproveitamento da biomassa para tratamento de resíduos. Encontram-se patentes sobre remoção de compostos nitrogenados de água; sistemas para descarte de lixo doméstico; aproveitamento de resíduos industriais para produção de biometano, entre outras.

Torna-se interessante analisar além da classificação IPC, a classificação CPC, especialmente por conta da existência da seção Y. Isso porque essa seção relaciona-se de forma direta com o tema descarbonização energética. A partir da planilha de

filtros gerado pelo *Espacenet* é possível identificar quais subgrupos da classificação CPC mais aparecem, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Subgrupos CPC com mais patentes contendo o conjunto de palavras-chave “*biomass*” AND “*energy source*”.

CPC subgrupo	Descrição	Número de documentos
Y02E50/10	Tecnologias para produção de biocombustíveis	129
Y02E50/30	Tecnologias para produção de combustível a partir de resíduos	124
Y02P20/133	Tecnologias relacionadas a fontes de energias renováveis	40
Y02P20/129	Tecnologias relacionadas a reaproveitamento energético	27
Y02P20/10	Tecnologias relacionadas a eficiência de processos	25

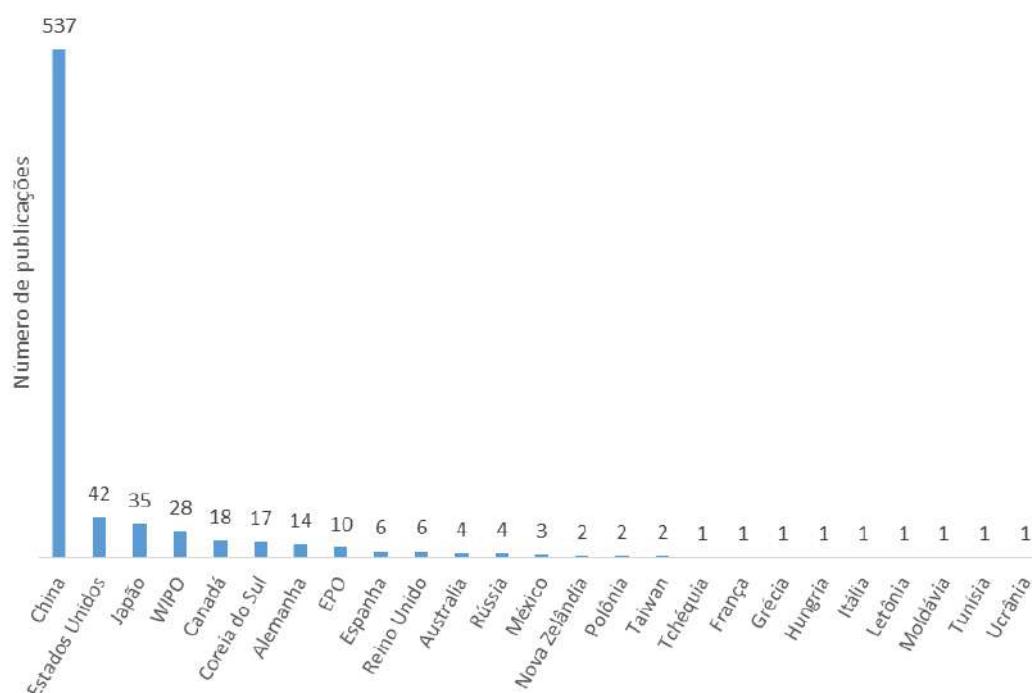
Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS *ESPACENET*).

Os cinco subgrupos com maiores números de pedidos de patentes depositados se enquadram na seção Y, mais especificamente na classe Y02. Essa classe abrange: tecnologias para mitigação das mudanças climáticas, através da geração de energia limpa, diminuindo de forma direta a emissão gases causadores do efeito-estufa e tecnologias para mitigação das mudanças climáticas relacionadas ao aproveitamento ou gestão de resíduos.

V.6.3 Países depositantes

A Figura 38 apresenta a relação de países e publicações. Nesse caso incluem todas as 739 publicações, ou seja, não estão agrupadas por família.

Figura 38 - Países que publicaram patentes contendo o conjunto de palavras-chave “*biomass*” AND “*energy source*”



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS ESPACENET).

O número de documentos de patentes chinesas é expressivamente maior que os demais países, com 537 patentes publicadas. Esse número corresponde a 73% do total de patentes depositadas. Em segundo lugar aparece os Estados Unidos com 42 documentos publicados. O Japão vem logo em seguida com 35.

As atividades de pesquisa científica chinesa se intensificaram nos últimos anos. Durante o período de 1991 a 2017, o valor total do investimento em P&D aumentou mais de 30 vezes. Junto com o aumento da produção interna bruta, o gasto interno bruto em P&D, em particular, aumentou de menos de 1% na década de 1990 para mais de 2% em 2013; o número de pesquisadores por 1.000 pessoas empregadas também aumentou de 0,7 em 1991 para 2,2 em 2017. O número de concessões de patentes da China, conseqüentemente, aumentou mais de 100 vezes de 1993 a 2017 (NGUYEN; CHOUNG, 2020).

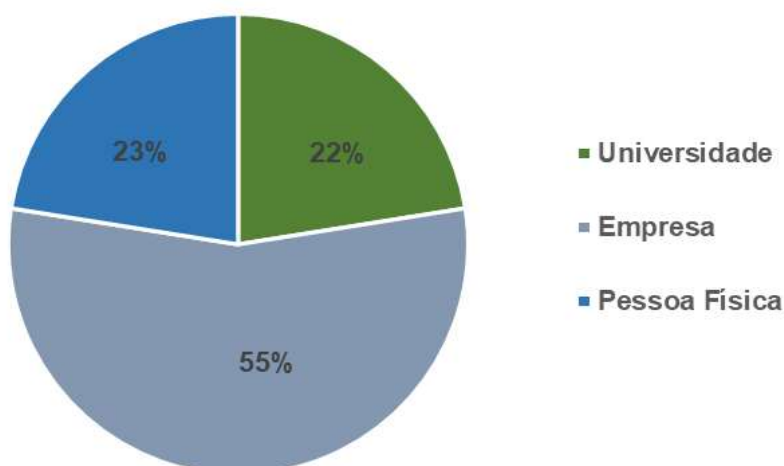
Diante desses fatos fica claro o quanto a China investiu e avançou em termos de produção científica e conseqüentemente na produção de patentes. Aliando o desenvolvimento científico com os resultados expressivos de patentes na área de biomassa como fonte energética, que foram demonstrados através da busca,

evidencia-se que o país está investindo em tecnologias voltadas à descarbonização energética.

V.6.4 Principais depositantes

Ao analisar os documentos patentários encontrados com relação aos depositantes, observou-se que existem 553 depositantes únicos. Como forma de entender o perfil desses depositantes, realizou-se uma amostragem, sendo o tamanho da amostra igual a $\sqrt{n+1}$, onde $n = 553$. Sendo assim, foram selecionados os 24 depositantes com maior número de patentes publicadas, e foram agrupados em 3 grupos: universidades, empresas e pessoa física. Os resultados podem ser observados na Figura 39.

Figura 39 – Perfil dos top 20 depositantes na busca das palavras-chave *biomass AND “energy source”*



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS: *ESPACENET*).

De acordo com a análise realizada, infere-se que empresas são o perfil mais relevante com relação às publicações de patentes na área em questão, possuindo 55% dos documentos depositados. Esses dados indicam que as organizações estão investindo em pesquisas voltadas para descarbonização da matriz energética a partir da biomassa, visualizando-a como uma possível alternativa para a transição energética.

V.6.5 Busca pela classificação CPC mais relevante

O subgrupo CPC com mais documentos patentários foi o Y02E50/10 - Tecnologias para produção de biocombustíveis. Baseado nessa classificação, encontrou-se os seguintes resultados demonstrados na tabela 2.

Tabela 2 – Resultados para a busca baseado na classificação CPC

Estratégia	Sintaxe	Número de documentos
1	cpc = "Y02E50/00/low" AND pd <= "2021-12-31"	67200
2	cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND pd <= "2021-12-31"	12285
3	cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND ta = "energ*" AND pd <= "2021-12-31"	3345
4	"3" + Filtros: Países (Familia): BR	141
5	"4" + Filtros: Depositantes – País: BR	9

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE *ESPACENET*).

V.6.5.1 Série histórica das publicações

Utilizando os resultados do conjunto de palavras-chave gerado pela estratégia 3 apresentada na tabela 4, investigou-se o histórico de publicações agrupados por família entre os anos de 2001 e 2021. A figura 40 mostra uma tendência de aumento no número de publicações e uma estabilidade a partir de 2014.

Figura 40 - Histórico de publicações agrupados por famílias utilizando o conjunto de palavras-chave: *cpc = "Y02E50/00/low" AND ta = "biomass*" AND ta = "energ*" AND pd <= "2021-12-31"*



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS: *ESPAENET*).

V.6.5.2 Depósitos realizados no Brasil

Filtrando-se por patentes depositadas no Brasil, encontra-se que 4% dos documentos patentários possuíam depósitos no país. Os principais depositantes são explicitados na tabela 3.

Tabela 3 – Relação dos principais depositantes detentores de patentes no Brasil

Depositantes	Número de documentos
XYLECO INC	15
MEDOFF MARSHALL	9
API IP HOLDINGS LLC	6
MARSHALL MEDOFF	6
THOMAS CRAIG MASTERMAN	5
XYLECO	4
BIOENDEV AB	3
GRANBIO INTELLECTUAL PROPERTY HOLDINGS LLC	3
MASTERMAN THOMAS	3
MASTERMAN THOMAS CRAIG	3
XYLECO INC *	3

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS *ESPAENET*)

Entre os principais depositantes podemos citar: *Xyleco*, uma empresa especialista no uso de biomassa vegetal para a conversão em produtos como o etanol; *Bioendev* é uma empresa especialista no processo de torrefação para produção de biocarvão e a *Granbio* que é uma empresa de biotecnologia industrial, brasileira, e com capacidade de produção de etanol celulósico e bioquímicos.

V.6.5.3 Depositantes brasileiros com patentes no Brasil

Filtrando-se por depositantes brasileiros com patentes depositadas no Brasil. Encontrou-se 9 patentes. Os depositantes são explicitados na tabela 6.

Tabela 4 – Principais empresas e universidades brasileiras com patentes no Brasil

Empresas e Universidades	Número de documentos
CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA S A	2
PETROLEO BRASILEIRO S A PETROBRAS	2
FERMENTEC-TECNOLOGIAS EM ACUCAR E ALCOOL LTDA	1
FIBRIA CELLULOSE S A	1
RM MATERIAIS REFRACTARIOS LTDA	1
SUZANO PAPEL E CELULOSE S A	1
UNIV FEDERAL DO RIO DE JANEIRO UFRJ	1

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (BASE DE DADOS *ESPAENET*).

Entre esses depositantes podemos citar: Suzano, empresa produtora de celulose de eucalipto para fabricação de papel; Petrobrás, estatal do setor de Óleo e Gás, mostrando o interesse em tecnologias além das fontes tradicionais; o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), empresa especialista em ciência de cana-de-açúcar, e a UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como a única universidade presente como depositante na busca realizada.

VI. Tendências

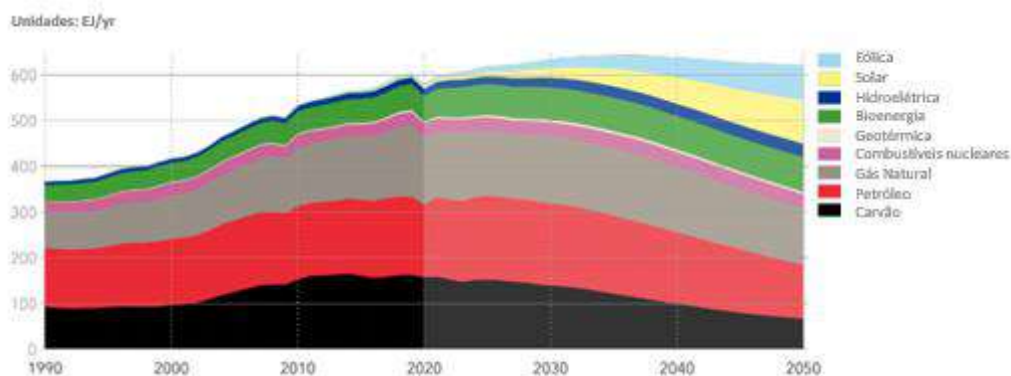
Nas últimas décadas muito se fala a respeito da transição energética, porém a substituição das fontes fósseis por energia limpa tem sido um processo gradativo e lento. Com a finalidade de investigar a transição energética, realizou-se uma busca em relatórios de organizações e agências internacionais que prospectam o uso das diferentes fontes de energia nos próximos 30 anos.

VI.1 Fontes Fósseis

De acordo com DNV (2022), a demanda por carvão como fonte energética atingiu o pico em 2014, e a partir deste ano a demanda por carvão mineral entrou em declínio sendo ultrapassada pelo petróleo. Sendo assim para entender o horizonte das fontes fósseis dentro da matriz energética global é necessário analisar as estimativas de demanda por petróleo e gás natural. Tendo em vista que petróleo e gás natural são na maioria das vezes produzidos de forma concomitante, pode-se utilizar como ponto de partida as análises dos cenários que envolvem a produção de petróleo.

De acordo com o relatório *Energy Transition Outlook 2022* publicado pela DNV, o fornecimento de petróleo deverá atingir o pico no ano de 2025, no qual entrará em suave declínio entre os anos de 2025-2035. Em relação ao Gás Natural, a demanda deverá subir e atingir seu pico em torno de 2030, mantendo-se relativamente estável até 2036, ano no qual começará a declinar. A demanda por gás deverá permanecer alta devido ao seu uso no setor de transportes e a perspectiva de ser aplicado como fonte energética para transporte marítimo. Na Figura 40 observa-se as prospecções feitas pela DNV relacionadas ao fornecimento mundial de energia primária por fonte.

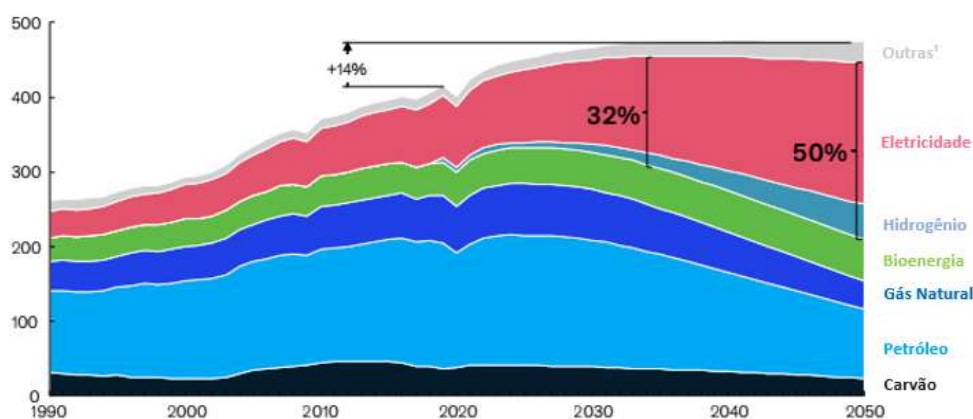
Figura 41 - Fornecimento mundial de energia primária por fonte.



Fonte: DNV, 2022.

O relatório publicado pela McKinsey & Company (2022), indica que o pico na demanda por petróleo deverá ocorrer entre os anos de 2024 e 2027, conforme apresentado na Figura 41. Esse fato é principalmente devido ao movimento de eletrificação e eficiência energética ao longo dos diferentes setores da economia. Entretanto a demanda por Gás Natural deverá ser mais resiliente em comparação com os demais combustíveis fósseis e espera-se que se mantenha crescente até o ano de 2035.

Figura 42 - Consumo final de energia por combustível.

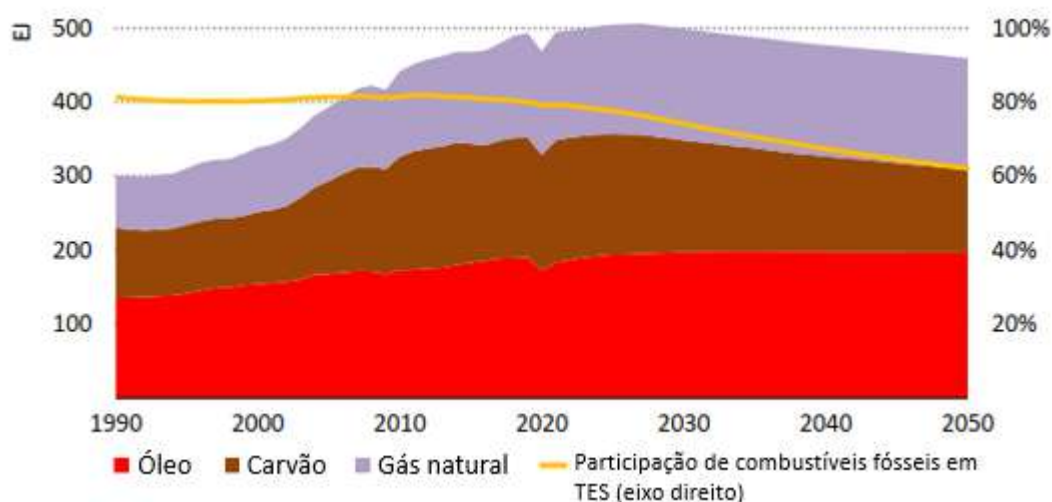


Fonte: MCKINSEY & COMPANY, 2022.

A Agência Internacional de energia (IEA) publica anualmente o *World Energy Outlook*, um dos principais relatórios sobre o setor energético, neste estudo a IEA traça 3 cenários com diferentes premissas a respeito da transição energética, no relatório publicado em 2022, no cenário mais conservador denominado STEPS estima

que o pico de demanda por petróleo somente será alcançado em meados da década de 2030, conforme expresso na Figura 42. Neste cenário a Agência adota premissas conservadoras nas quais as políticas ambientais não sofrerão alterações nos próximos anos. Portanto, esse resultado indica a necessidade de alterações e maiores regulamentações ambientais a fim de acelerar a busca por novas fontes energéticas.

Figura 43 - Demanda por combustíveis fósseis.



Fonte: IEA, 2022.

Diante dos relatórios expostos é possível perceber que existem perspectivas de mudanças na matriz energética global nas próximas décadas, existindo fortes indicativos de que o pico por combustíveis fósseis seja alcançado antes de 2030, contudo é necessário que os governos tomem ações mais contundentes relacionadas aos problemas ambientais.

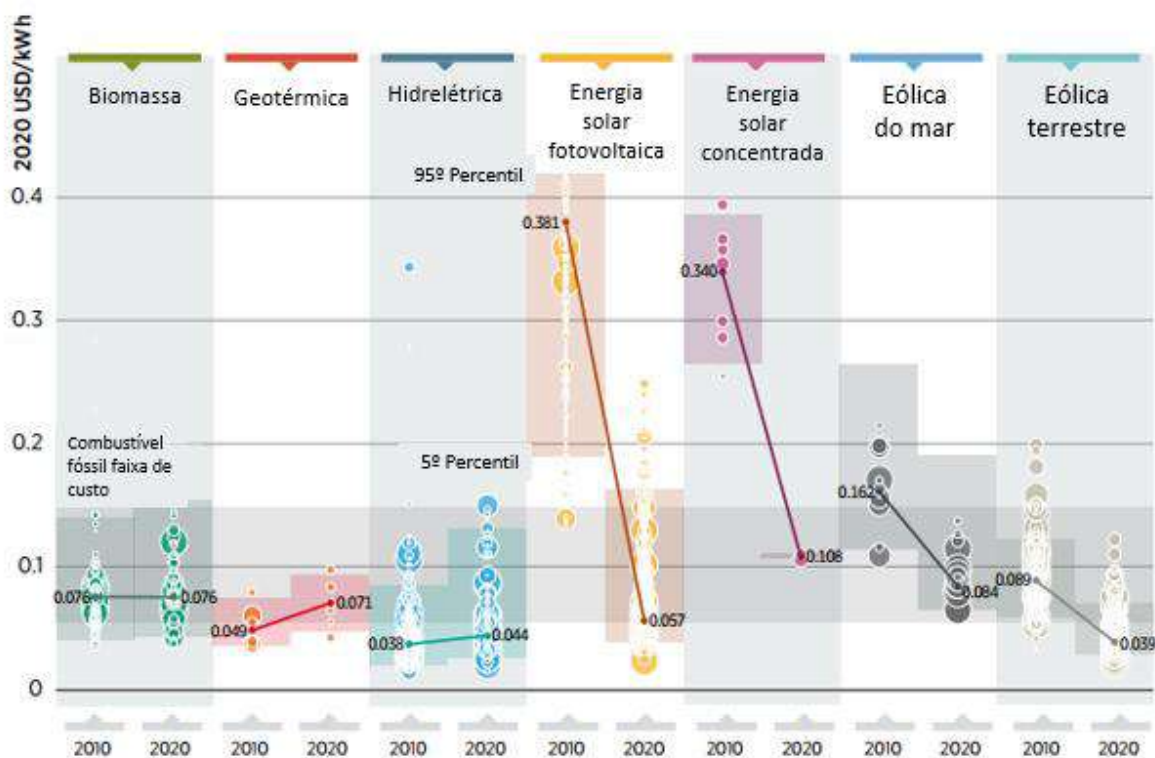
VI.2 Transição energética mundial

Conforme apresentado anteriormente, as questões climáticas estão ocupando posição de destaque nos debates e convenções internacionais, e os combustíveis fósseis, principais fontes energéticas da atualidade, são os protagonistas em termos de emissão de gases do efeito estufa. Além dos aspectos ambientais que exigem ações radicais e imediatas, os últimos anos foram cruciais para exibir as vulnerabilidades de uma matriz energética fortemente dependente de fontes fósseis, no qual os riscos estão evidentes na atual crise da Ucrânia.

Conforme apresentado no relatório de 2021 da IRENA (*World Energy Transitions Outlook*), é notável que a matriz energética global sofrerá mudanças nas próximas décadas, esse fato fica explícito ao analisar dados relacionados ao setor energético.

O primeiro ponto destacado pela IRENA (2021) é a significativa redução nos custos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, especialmente energia solar e eólica. De acordo com o mesmo relatório o custo médio ponderado global da energia solar fotovoltaica por Kilowatt/hora caiu 85% entre 2010 e 2020. Quedas expressivas também foram observadas na energia eólica *onshore* e *offshore*, caindo respectivamente, 56 e 42%. Variações nos custos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis podem ser observadas na Figura 43.

Figura 44 - Custo ponderado médio global de tecnologias de geração de energia renovável.

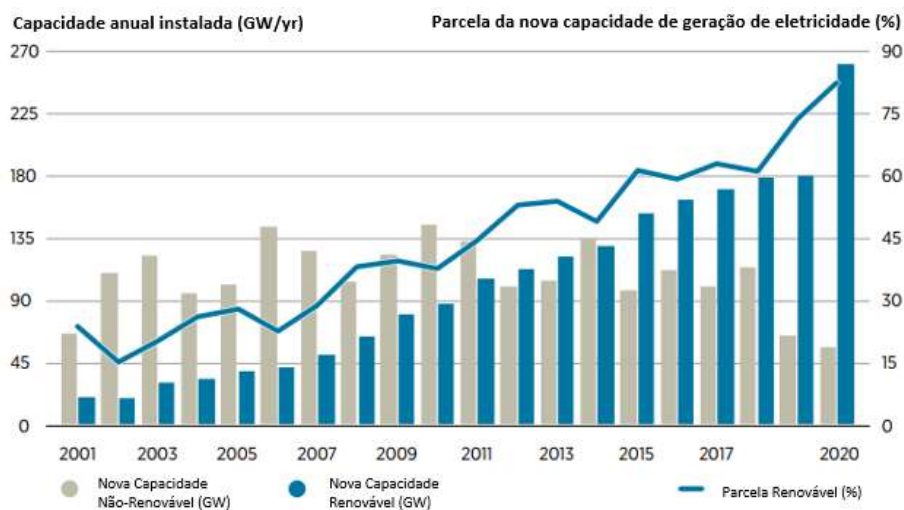


Fonte: IRENA, 2021.

Outra evidência apontada pelo relatório da IRENA (2021) é o rápido aumento no número de novos projetos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis em comparação com as fontes fósseis. De acordo com o mesmo relatório a participação das fontes renováveis na geração de energia elétrica aumentou de 20

para 28% entre os anos de 2010 e 2020. Na Figura 44 é possível perceber que ao longo dos anos, as fontes renováveis estão se tornando uma potencial alternativa para geração de eletricidade, esse fato é explícito ao observar o aumento na parcela de fontes renováveis ao longo dos anos.

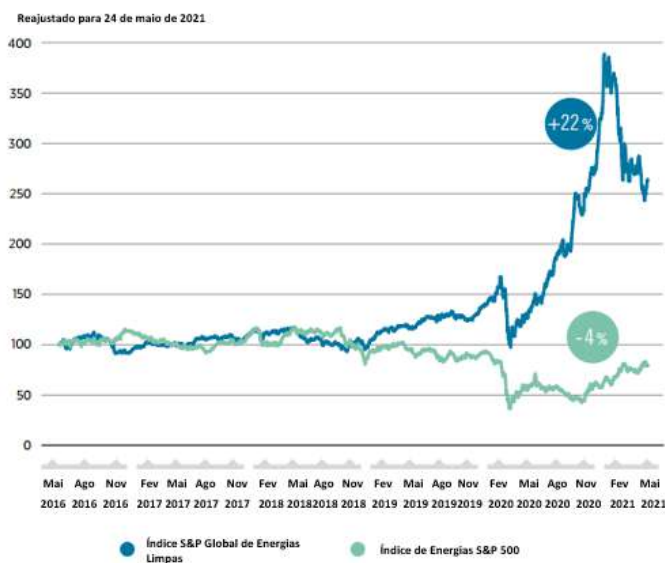
Figura 45 - Novos projetos de geração de energia elétrica no mundo.



Fonte: IRENA, 2021.

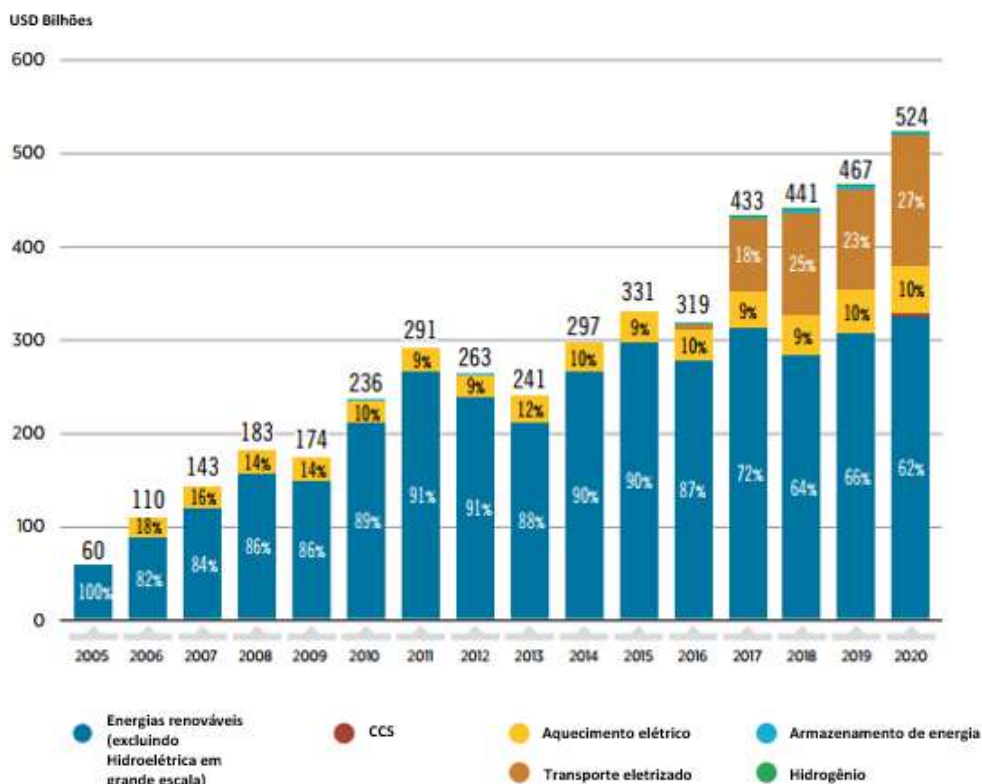
Adicionalmente, é possível notar um aumento dos investimentos no setor de energias limpas. Conforme indicado no relatório da IRENA (2021), o mercado está antecipando que a demanda por combustíveis fósseis irá atingir o pico até 2030 e buscando investir em novas fontes energéticas. Esse fato fica evidente ao comparar o desempenho dos índices de ações S&P 500, conforme expresso na Figura 45. O índice Global de Energia Limpa teve um forte aumento entre 2016 e 2021, totalizando 22% de alta, enquanto o índice Global de Energia, fortemente composto por empresas que atuam na produção de fontes fósseis apresentou uma queda de 4%.

Figura 46 - S&P 500 - Novas Energias vs Fontes fósseis.



Fonte: IRENA, 2021.

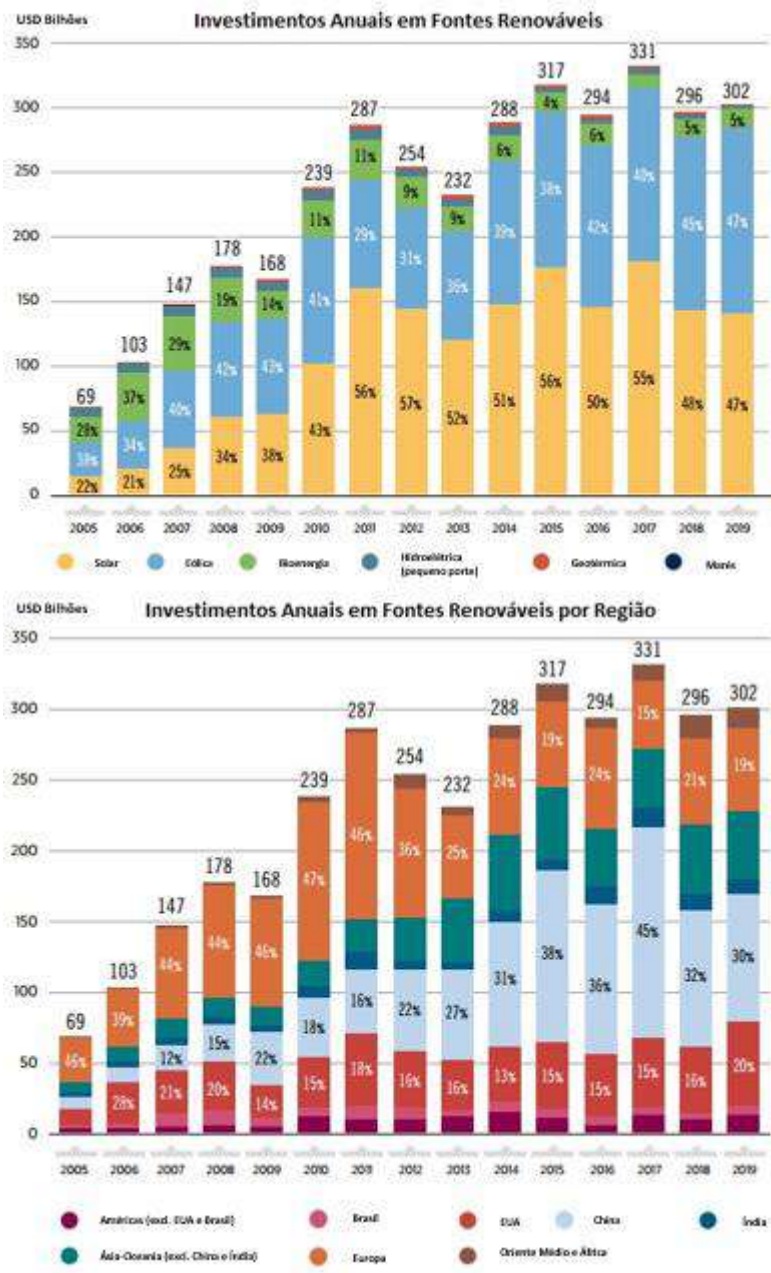
Ainda de acordo com o relatório publicado pela IRENA em 2021, o ano de 2020 foi um marco em termos de transição energética, no qual atingiu-se o recorde de 524 bilhões de dólares investidos em tecnologias relacionadas a transição da matriz energética. As fontes renováveis tiveram protagonismo nos fluxos de investimento, entre 2005 e 2009 cerca de 90% do capital investido em transição energética era destinado às tecnologias renováveis. Ao longo dos anos a parcela investida em tecnologias renováveis caiu, esse fato deve-se a novas tecnologias de transição energética. Entre os anos de 2016 e 2020 cerca de 70% do capital investido em tecnologias de transição energética são direcionados para fontes de energia renovável. Na Figura 46 é possível observar as quantidades investidas anualmente em tecnologias ligadas a transição energética, nesses dados foram excluídos os investimentos em hidrelétricas de grande porte, porém estima-se que foram investidos cerca de 28 bilhões de dólares por ano entre 2015 e 2019.

Figura 47 - Investimentos anuais em tecnologias de transição energética.

Fonte: IRENA, 2021.

Por fim, é interessante observar os dados expostos pela IRENA (2021) em relação aos tipos de energias renováveis e suas participações dentro do capital investido. As tecnologias protagonistas em termos de investimentos são solar e eólica representando um total de 94% do capital investido em 2019. Outro fator crucial para entender o panorama global da transição energética é observar as principais regiões que estão conduzindo investimentos em novas tecnologias. De acordo com o relatório, apesar dos investimentos terem crescido ao longo dos anos, as novas tecnologias ainda estão concentradas nas grandes economias, tendo as regiões Ásia-Oceania liderando os investimentos com uma fatia de 55% do capital investido, sendo seguido por Europa e Estados Unidos com 20% e 16%, respectivamente, entre os anos de 2005 e 2019. Esses dados podem ser encontrados na Figura 47.

Figura 48 - Investimentos anuais em Energias Renováveis.



Fonte: IRENA, 2021.

VII. Considerações finais

Na busca por soluções sustentáveis para enfrentar as mudanças climáticas e reduzir a dependência de fontes de energia fósseis, o uso da biomassa mostrou-se relevante, por ser uma fonte de energia obtida a partir de resíduos que podem ser transformados em biocombustíveis, biogás, eletricidade, calor, entre outros usos.

Nesse contexto, o levantamento de patentes desempenha um importante papel, visto que permite o conhecimento das propostas tecnológicas existentes e atual estado da arte.

O levantamento de patentes realizado nas bases *Derwent*, *Espacenet*, USPTO e *PatentScope*, constatou que a biomassa ainda aparece atrás de fontes fósseis tradicionais como petróleo e carvão, no contexto de fonte energéticas. A busca por patentes utilizando as palavras “*biomass*” e “*energy source*” na base *Espacenet* retornou 574 patentes agrupadas por família. Observou-se uma crescente no número de depósitos até meados de 2017, seguido de um declínio. Entende-se que esses números podem ter sido impactados por fatores como a covid-19, que resultou em uma diminuição ainda maior de pedidos de depósito nos anos 2019 e 2020.

As principais classes IPC das patentes citadas no tema de biomassa, foram: C10, onde destacam-se o uso da biomassa em processos de queima e combustão; C12, que abrange por processos de fermentação e produção de biometano e a classe C02, que aborda o aproveitamento resíduos industriais, domésticos e agroindustriais.

A China se destaca como a maior depositante de patentes nesse setor, seguida pelos Estados Unidos e Japão. Os principais depositantes também se encontram na China. Com relação ao perfil dos depositantes, as empresas são as que mais publicam patentes voltadas ao uso da biomassa, representando 55% dos documentos.

Apenas cerca de 4% de todos os depósitos de patentes deste campo tecnológico são realizados no Brasil. O que implica em um número alto de tecnologia que está em domínio público em nosso país e pode ser livremente utilizada. Além disso, o número de pedidos de patentes de brasileiros, depositados no Brasil, nesta área tecnológico ainda é pequeno, sugerindo a necessidade de políticas públicas de investimento neste setor.

Segundo relatórios de organizações e agências globais, o petróleo e seus derivados devem atingir o pico de demanda entre os anos de 2025 e 2030. Com um aumento nos investimentos em matrizes renováveis o custo de produção tende a

reduzir. Nos resultados encontrados, as principais classificações CPC pertencem a seção Y, ou seja, tecnologias de mitigação ou adaptação às mudanças climáticas. Portanto, com o investimento necessário a biomassa é capaz de ser parte relevante no processo de descarbonização energética, como evidenciado no levantamento de patentes realizado.

VIII. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **World Energy Outlook 2022: Pathways to Net Zero Emissions**. Paris: International Energy Agency, 2022.

AGGARWAL, Suresh K.. **Simulations of combustion and emissions characteristics of biomass-derived fuels: introduction**. In: DAHLQUIST, Erik (ed.). *Technologies for Converting Biomass to Useful Energy: combustion, gasification, pyrolysis, torrefaction and fermentation*. London: Crc Press Taylor & Francis Group, 2013. Cap. 2. p. 5-33.

ANDRADE, Rubenildo Vieira. **Gaseificação de Biomassa: Uma Análise Teórica e Experimental**. 2007. 205 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.

BORGES, Ane Caroline Pereira et al. **Renewable energy: a contextualization of the biomass as power supply**. Rede: Revista Eletrônica do PRODEMA, [S.L.], v. 10, n. 02, p. 23-36, 7 dez. 2016. REDE – Revista Eletronica do PRODEMA. <http://dx.doi.org/10.22411/rede2016.1002.02>.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318 p.

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996. Dispõe sobre os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 de maio de 1996.

CORTEZ, Luís Augusto Barbosa; LORA, Electo Eduardo Silva; AYARZA, Juan Arturo Castañeda. **Biomassa no Brasil e no mundo: fontes da biomassa**. In: CORTEZ, Luís Augusto Barbosa et al. *Biomassa para energia*. Campinas: Editora Unicamp, 2008. Cap. 1. p. 18-19.

COSTA, Ricardo; PRATES, Roberta. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado.** BNDES, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005

DESIDERI, Umberto; FANTOZZI, Francesco. **Biomass combustion and chemical looping for carbon capture and storage: combustion rates, flame temperature and efficiency.** In: DAHLQUIST, Erik (ed.). *Technologies for Converting Biomass to Useful Energy: combustion, gasification, pyrolysis, torrefaction and fermentation.* London: Crc Press Taylor & Francis Group, 2013. Cap. 5. p. 129-173.

DÍAZ-PINZÓN, Jorge Enrique. **Fluctuación del precio del petróleo Brent debido a la guerra entre Rusia y Ucrania.** Universidad Nacional de Colombia, Colombia. 19 p, 2023.

DNV. **Energy Transition Outlook 2022: A global and regional forecast to 2050.** Oslo, 2022

DONINI, Ígor A. N. et al. **Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana.** *Eclética Química*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 165-178, 2010.

ENCARNAÇÃO, Ana Paula Gama. **Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica.** 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

FINK, Carsten et al. **Resilience and Ingenuity: Global Innovation Responses to Covid-19.** London: Cepr Press, 2022. 235 p.

FMI (Washington DC). **Recovery During a Pandemic: Health Concerns, Supply Disruptions, and Price Pressures.** [S. l.: s. n.], 2021. 152 p. ISBN FUNDO MONETÁRIO INTERNACIONAL (Washington DC). *Recovery During a Pandemic: Health Concerns, Supply Disruptions, and Price Pressures.* [S. l.: s. n.], 2021. 152 p. ISBN 978-1-55775-442-4

FREITAS, Giovany Martins de. **Biomassa, uma fonte de energia**. 2016. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GARCIA, Camila Martins. **Transesterificação de óleos vegetais**. 2006. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energy, Environment and Development**. 2ª ed. Londres: Editora Earthscan. 2009. 439 p.

GONÇALVES, Ana Luísa. **Utilização de biomassa liquefeita na produção eletrolítica de gás de síntese**. 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química e Biológica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2017.

GOV.BR. **Patentes_verdes**. Disponível em: https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tramite-prioritario/projetos-piloto/Patentes_verdes. Acesso em: 5 maio 2023.

HARDY, Bryan; SEVER, Can. **Financial crises and innovation**. European Economic Review, [S.L.], v. 138, p. 103856, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurocorev.2021.103856>.

HORTA, Carmo. **Utilização de composto peletizado como fertilizante em solos agrícolas**. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/8124/1/Digestato_Symbiosis.pdf. Acesso em: 10 maio 2023.

INATOMI, T. A. H.; UDAETA, M. E. M. **Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. São Paulo, 2005.

INPI. **Busca e Redação de Patentes**. 22 abril 2021. Apresentação do Power Point. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/nit/nucleo-de-inovacao-tecnologica/documentos/webinar-busca-e-redacao-de-patentes-rodrigo-ferraro-univasf-22-04-2021.pdf>. Acesso em 12 maio 2023.

INPI. **Introdução à classificação cooperativa de patentes (CPC) – Anexo III**. 2017. Apresentação do Power Point. Disponível em: <https://www.ufpb.br/inova/contents/documentos/tutorial-cpc-inpi.pdf>. Acesso em 12 maio 2023.

Instituto E+ Transição Energética (2020): **Manual de Termos e Conceitos: Transição Energética** - Rio de Janeiro/RJ – Brasil.

IRENA, WORLD ENERGY COUNCIL. **World Energy Transition Outlook 2021**. London: World Energy Council, 2021.

JUNGMANN, Diana de Mello. **Inovação e propriedade intelectual: guia para o docente**. Brasília: Senai, 2010. 93 p.

KUNZ, Airton et al. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. 2. ed. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves e Sociedade Brasileira dos Especialistas em Resíduos das Produções Agropecuária e Agroindustrial - Sbera, 2022. 211 p.

LAMB, William F et al. **A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018**. Environ. Res. Lett., [s. l.], 29 jun. 2021.

MAGALHÃES, Matheus Alves de. **Desenvolvimento de um processo de gaseificação de biomassas para produção de gás combustível e de síntese**. 2020. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020. Disponível em: <https://poscienciaflorestal.ufv.br/wp-content/uploads/2021/03/MATEUS-ALVES-DE-MAGALHAES-Doutorado.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MARAFON, Anderson Carlos et al. **Uso da biomassa para a geração de energia**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2016. 28 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 211).

MARGULIS, Sérgio. **Mudanças do clima: tudo que você queria e não queria saber**. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020.

MARIANO, Jacqueline; LA ROVERE, Emilio. **Environmental Impacts of the Oil Industry**. [S. l.]: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 100 p. ISBN 3330034602. Disponível em: <https://www.eolss.net/sample-chapters/c08/e6-185-18.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MARQUES, L. **O Antropoceno como aceleração do aquecimento global**. Liinc em Revista, [S. l.], v. 18, n. 1, p. e5968, 2022. DOI: 10.18617/liinc.v18i1.5968. Disponível em: <https://revista.ibict.br/liinc/article/view/5968>. Acesso em: 5 Abril. 2023.

McKinsey & Company. **Global Energy Perspective 2022: Executive Summary**. 2022.

MELO, Alisson Curátola de. **Análise do impacto de choques nos preços internacionais das commodities sobre a inflação brasileira**. 2010. 52 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia do Setor Público) - Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (Brasil). Empresa de Pesquisa Energética. **Série SI Energia: Potencial Energético dos Resíduos Agropecuários**. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-372/topico-492/EPE-DEA-IT%20006_2019%20-%20SIEnergia_Potencial%20Energético%20dos%20Resíduos%20Agropecuários.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

MOTHÉ, Cheila Gonçalves; MIRANDA, Iara Conceição de. **Aproveitamento energético e caracterização de resíduos de biomassa**. Rio de Janeiro: Publit Soluções Editoriais, 2013. 391 p.

NAVARRO, Claudia Ines Telleria et al. **Caracterização Microestrutural das Fibras Naturais *Etilingera elatior*, *Costus* e *Helicônia bihai***. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pósgraduação em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos, Puc-Rio, Rio de Janeiro, 2011.

NELLES, David; SERRER, Christian. **Mudança Climática: os fatos como você nunca viu antes**. 1. ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2020. 133 p.

NGUYEN, Chi Mai; CHOUNG, Jae-Yong. **Scientific knowledge production in China: a comparative analysis**. *Scientometrics*, [S.L.], v. 124, n. 2, p. 1279-1303, 22 maio 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s11192-020-03507-4>.

OLIVEIRA, L.B.; REIS, M.M.; PEREIRA, A.S. **Resíduos sólidos urbanos: lixo ou combustível**. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, 2000.

PARANHOS, R. de C. S.; RIBEIRO, N. M. **Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca**. *Cadernos de Prospecção*, [S. l.], v. 11, n. 5, p. 1274, 2018. DOI: 10.9771/cp.v11i5.28190. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/28190>. Acesso em: 22 maio. 2023.

POLES, André Fiusa. **Estudo de produção de bio-petróleo a partir de biomassa pelo processo de liquefação**. 2018. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

PORTELLA, Emanuel Henrique. **Nanopapel de celulose: preparação, caracterização e modificação com cristal líquido**. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

QUINTELLA, Cristina M. **Prospecção tecnológica** [Recurso eletrônico on-line] / organizadora Núbia Moura Ribeiro. Salvador (BA): IFBA, 2018. 194 p., graf., figs., tabs. – (PROFNIT, Prospecção tecnológica; V.1)

REICHL, Bettina; NICOLAS, Marc. **Impact of the COVID-19 pandemic on patent activity: Some evidence from patent filings at the European Patent Office**. In: FINK, Carsten et al (ed.). Resilience and Ingenuity Global Innovation Responses to COVID-19. London: Cepr Press, 2022. Cap. 5. p. 67-81.

RENDEIRO, Gonçalo et al. **Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida: soluções energéticas para a amazônia**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008. 190 p.

RICHTER, F. A. **As patentes verdes e o desenvolvimento sustentável / Green patents and sustainable development**. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 383–398, 2014. DOI: 10.22292/mas.v7i3.309. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/309>. Acesso em: 22 maio. 2023.

SCHLEUSSNER, Carl. CLIMATE ANALYTICS. **Briefing: 1.5°C: Implications of Differences in Climate Outcomes**. Disponível em: <https://climateanalytics.org/briefings/15c/>. Acesso em: 30 março 2023.

Silva R. W. C., Paula B. L. 2009. **Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural**. Terræ Didatica, 5(1):42-49 <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>

SILVA, Daniel Nascimento e et al. **Meio ambiente e suas tecnologias**. 1. ed. Manaus: CBL, 2021. 506 p.

SILVA, Edilberto Mariano da. **Co-digestão anaeróbia de biomassa algal com diferentes resíduos orgânicos para otimização da produção de biogás**. 2022. 82

f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

VIEIRA, Gláucia Eliza Gama; NUNES, Abimael Pereira; TEIXEIRA, Luana Fagundes; COLEN, Aymara Gracielly Nogueira. **Biomassa: uma visão dos processos de pirólise**. Revista Liberato, [S.L.], v. 15, n. 24, p. 167-178, 2014. Revista Liberato. <http://dx.doi.org/10.31514/rliberato.2014v15n24.p167>.

ZANETTE, André Luiz. **Potencial de aproveitamento energético do biogás no Brasil**. 2009. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.