

Estudos de Inteligência Estratégica em
Inovação

Biocombustíveis

VOL. 2 MAI/2025



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI

Presidente: JÚLIO CÉSAR CASTELO BRANCO REIS MOREIRA

Diretora Executiva: TANIA CRISTINA LOPES RIBEIRO

Chefe da Assessoria de Assuntos Econômicos: RODRIGO VIEIRA VENTURA

Chefe da Divisão de Economia da Propriedade Industrial: FERNANDO LINHARES DE ASSIS

Diretor de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados:
ALEXANDRE DANTAS RODRIGUES

Coordenador-Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica:
ALEXANDRE GOMES CIANCIO

Chefe da Divisão de Estudos e Projetos: IRENE VON DER WEID

Coordenação técnica: Luís Henrique Romani de Campos e Silvia Souza de Oliveira

Autores: Luís Henrique Romani de Campos, Silvia Souza de Oliveira, Irene von der Weid, Rodrigo Vieira Ventura, Fernando Linhares de Assis e Claudia Ferreira Fernandes

Citar como: INPI (2025). Biocombustíveis. [Autores: Luís Henrique Romani de Campos, Silvia Souza de Oliveira, Irene von der Weid, Rodrigo Vieira Ventura, Fernando Linhares de Assis e Claudia Ferreira Fernandes]. Rio de Janeiro: INPI/AECON-CEPIT, 2025. 127 p. Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação, v. 2, mai. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br/inpi-data>>.

Nota: Autorizada a reprodução, desde que citada a fonte.

Agradecimentos (especialistas entrevistados): Alessandro Gardemann (Geo Biogás & Carbon SA e Abiogás); Alex Rodrigues Brito de Medeiros (ANP); Alexandre Salem Szklo (UFRJ); Bruno Galveas La Viola (Embrapa); Enrique Ormezzano (Lix-Fuel); João Bruno Bastos(CENAI CIMATEC); Luciane Maria Colla (Universidade de Passo Fundo); Mariana Rodrigues França (ANP); Raphal Neves Moura (ANP), Simone Sayuri Tsuneda (Embrapa); Vicente Pimenta (Abiove).

Rua Mayrink Veiga 9, Centro, Rio de Janeiro, CEP 20090-910, telefone: (21) 3037-4000



Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca de Propriedade Intelectual e Inovação Economista Claudio Treiguer
Bibliotecário Evanildo Vieira dos Santos - CRB7-4861

159 Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Presidência. Diretoria Executiva. Assessoria de Assuntos Econômicos (AECON) Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados - (DIRPA). Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica (CEPIT). Biocombustíveis./ INPI [et. al.]. Rio de Janeiro: INPI, 2025.

127 p.; figs.; tabs. Apêndices e anexo.

Estudos de Inteligência Estratégica em Inovação, v. 2, mai. 2025.

1. Inteligência estratégica - Inovação - Biocombustíveis. 2. Patente - Biocombustíveis - Depositantes. 3. Biocombustíveis - Tendências tecnológicas. 4. Biocombustíveis - Inovação. 5. Biocombustíveis - Aspectos econômicos. I. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil). II. Campos, Luís Henrique Romani de. III. Oliveira, Sílvia Souza de. IV. von der Weid, Irene. V. Ventura, Rodrigo Vieira. VI. Assis, Fernando Linhares de. VII. Fernandes, Claudia Ferreira.

CDU: 347.771:620.95



Sobre a publicação

Sobre a série de estudos de Inteligência Estratégica em Inovação

A série de estudos **Inteligência Estratégica em Inovação** tem por objetivo pautar temas relevantes para o desenvolvimento da indústria e a retomada do seu protagonismo no desenvolvimento econômico brasileiro. Por meio dela o **Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)** busca contribuir para a discussão e desenho de políticas públicas orientadas ao fortalecimento da indústria como o fio condutor de uma política econômica voltada à geração de renda e de empregos intensivos em conhecimento.

É por meio da inovação que a atual política industrial – Nova Indústria Brasil (NIB) – irá aumentar a produtividade da economia. Nesse contexto, a propriedade industrial (PI) é fator crítico para o retorno e a recompensa do investimento em inovação, mostrando-se, portanto, elemento catalizador para o sucesso da neoindustrialização.

Inovação e sustentabilidade são pilares da NIB, cenário este em que a bioeconomia emerge como uma oportunidade para o futuro. Oportunidade de construção de uma nova matriz para o desenvolvimento econômico ancorada em um novo paradigma de produção que busca melhorar o padrão de vida da sociedade brasileira.

É com esta motivação que a série de estudos do INPI **Inteligência Estratégica em Inovação** tem por objetivo apresentar uma visão sistêmica da inovação impulsionada pela PI em indústrias selecionadas, considerando o seu impacto social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do país. Os estudos fundamentam-se na combinação de três direcionadores: integração de dados, visão prospectiva e alinhamento estratégico.

Inteligência Estratégica: 3 capacidades integradas para melhorar a tomada de decisão





Sobre o volume 2: Biocombustíveis

A série **Inteligência Estratégica em Inovação** é uma iniciativa conjunta da Assessoria de Assuntos Econômicos (AECON) e da Coordenação-Geral de Estudos, Projetos e Disseminação de Informações Tecnológica (CEPIT) do INPI. Esse projeto, ao integrar análise econômica e prospecção tecnológica, objetiva aprofundar o debate sobre o papel estratégico da inovação impulsionada pela PI no enfrentamento dos principais desafios ao desenvolvimento nacional.

No contexto da Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, da qual o Brasil é signatário, dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas encontra-se o sétimo:

“Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos”.

Este, por sua vez, se desdobra em objetivos específicos, onde se destaca:

i) *“aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global”; e*

ii) *“reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa”.* (UN, 2015).

A realização dessas metas contribui diretamente para a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE), alinhando-se aos compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris. No tocante às emissões de GEE, o Brasil é signatário do Acordo de Paris e, de acordo com as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NCD, na sigla em inglês) aprovadas pelo Congresso Nacional em 2016, foi estabelecido o compromisso de redução de 37% nas emissões de carbono até 2025 e de 43% até 2030, em comparação aos níveis de 2005.

Entre os instrumentos destacados pelo país para cumprir esta meta está:

“aumentar a participação de biocombustíveis sustentáveis na matriz energética brasileira para aproximadamente 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, aumentando a oferta de etanol, inclusive por meio do aumento da parcela de biocombustíveis avançados (segunda geração), e aumentando a parcela de biodiesel na mistura do diesel”. (MMA, 2024)

O Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), em sua Resolução nº 2/2021, determina que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) priorizem os recursos para pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I) em biocombustíveis, dentre outros temas relacionados à transição energética. A Superintendência de Tecnologia e Meio Ambiente da ANP reconhece, em seu relatório anual de tecnologia e meio ambiente de 2023, a necessidade de *“demonstrar registros de proteção de propriedade intelectual de resultado ou solução tecnológica decorrente do projeto executado com recursos da cláusula de P&D&I, servindo de indicador de inovação e empreendedorismo”.* (STM-ANP, 2023).

A NIB está estruturada em missões. A missão 5 apresenta a seguinte temática:



“Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras” e possui como meta para 2033 aumentar de 21,4% para “50% o uso dos biocombustíveis no uso da matriz energética de transportes”. (MDIC, 2024)

Desta forma, ao apresentar um diagnóstico do ambiente de inovação no entorno da produção de biocombustíveis no Brasil, o presente estudo visa colaborar com os esforços para subsidiar políticas públicas para o setor. Ademais, contribui para o desenvolvimento de uma **rota tecnológica**, uma vez que: *“Uma abordagem orientada para a missão destaca a necessidade de fazer um diagnóstico preciso do sistema de inovação tecnológica, setorial ou nacional, que uma política de inovação pretende transformar.”* (MAZZUCATO, 2018)

O estudo integra diversas fontes de dados primários e secundários, com destaque para o Anuário Estatístico da ANP; o Censo dos Grupos de Pesquisa registrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ); o sistema de recuperação de artigos da *Web of Science*; o banco de dados de projetos de P&D&I da ANP e a base de informação tecnológica do INPI (BINTEC). Para enriquecer a análise foram realizadas entrevistas semiestruturadas junto a atores relevantes e com notório conhecimento técnico sobre o setor (gestores públicos, empresários, depositantes de patentes e pesquisadores).



Sumário

Sobre a publicação.....	4
Sobre a série de estudos de Inteligência Estratégica em Inovação	4
Sobre o volume 2: Biocombustíveis	5
Sumário.....	7
Lista de Tabelas	9
Lista de Figuras	12
Capítulo 1. Panorama setorial	15
1.1 Contexto econômico da produção de biocombustíveis.....	15
1.1.1 O emprego no setor de biocombustíveis no Brasil	18
1.1.2 O bioetanol	21
1.1.3 O biodiesel	30
1.1.4 O biometano.....	35
1.1.5 Outros biocombustíveis.....	37
1.2 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)	37
1.3 Medidas legislativas recentes.....	39
1.3.1 Sustainable Aviation Fuel – SAF.....	41
1.3.2 Diesel Verde.....	41
Capítulo 2. P&D&I em biocombustíveis no Brasil	42
2.1 Cenário acadêmico nacional: grupos de pesquisa cadastrados no CNPq	42
2.2 Produção acadêmica – <i>Web of Science</i>	46
2.3 A ANP e o sistema de inovação nacional.....	52
2.3.1. A cláusula de P&D&I da ANP	53
2.3.2. A ANP e a formação de recursos humanos	60
2.4. Considerações gerais	62
Capítulo 3. Tendências tecnológicas e padrões de uso da Propriedade Industrial	64
3.1. Desenho metodológico	66
3.1.1. Levantamento dos pedidos de patente de biocombustíveis depositados no Brasil a partir do ano 2000	66



3.1.2. Categorização dos pedidos de patente relacionados a biocombustíveis	66
3.2 Cenário de depósito de pedidos de patente de biocombustíveis no Brasil.....	67
3.2.1 Cenário de depósito de pedidos de patente de bioetanol no Brasil.....	76
3.2.2 Cenário de depósito de pedidos de patente de biodiesel no Brasil.....	81
3.2.3 Cenário de depósito de pedidos de patente de biogás no Brasil.....	85
3.2.4 Cenário de depósito de pedidos de patente de bioquerosene no Brasil.....	88
3.3. Cenário dos pedidos de patente de Biocombustíveis depositados no Brasil por depositantes brasileiros	90
3.4. Temas frequentes nos pedidos de patente.....	98
3.5. Considerações gerais	102
Capítulo 4. Alcance estratégico da inovação.....	104
4.1 Questões estratégicas da transição energética.....	104
4.2 A P&D&I em biocombustíveis no Brasil está alinhada às tendências futuras do setor de transporte?.....	105
4.3 Há conflito entre biocombustíveis e produção de alimentos?	106
4.4 Há coesão na dinâmica do processo inovativo em biocombustíveis: criação, proteção e inovação?	108
4.5 Aderência entre os temas frequentes de projetos de pesquisa, produção acadêmica, financiamento e patentes em biocombustíveis.....	111
Capítulo 5. Implicações para o desenvolvimento econômico.....	113
Considerações finais.....	113
Referências	116
Apêndice.....	120
Anexo.....	127



Lista de Tabelas

Tabela 1 - Testes da relação entre a produção nacional de biocombustíveis e preços internacionais de commodities	29
Tabela 2 - Evolução do teor de mistura do biodiesel	35
Tabela 3 - Capacidade de processamento de matérias-primas para produção de biometano (m ³ /dia).....	36
Tabela 4 - Produção de biometano (m ³)	36
Tabela 5 - Volume processado de matérias-primas para produção de biometano (m ³).....	37
Tabela 6 - Número de certificações dentro do escopo do RenovaBio.....	39
Tabela 7 - Emissão de CBIOs.....	39
Tabela 8 - Número de doutores subordinados a grupos de pesquisa com a temática alvo, por área predominante do grupo de pesquisa e por região do país.....	44
Tabela 9 - Número de grupos de pesquisa com a temática alvo, por categoria administrativa e região.....	44
Tabela 10 - Número de participantes excetuando-se estudantes, por gênero e raça/cor informados.....	45
Tabela 11 - Número de participação em artigos, por instituição.....	47
Tabela 12 - Ranking das principais instituições financiadoras citadas nos artigos	48
Tabela 13 - Nacionalidade de coautores estrangeiros	48
Tabela 14 - Artigos por categoria da Web Of Science	49
Tabela 15 - Artigos por área de pesquisa	49
Tabela 16 - Ranking dos 10 Estados com mais unidades de pesquisas credenciadas na ANP	55
Tabela 17 - Ranking das 10 instituições com mais unidades de pesquisa credenciadas na ANP	55
Tabela 18 - Ranking das 10 cidades com maior número de unidades de pesquisa credenciadas na ANP	56
Tabela 19 - Empresas responsáveis pelos projetos de P&D&I em biocombustíveis – 2017 a 2024	56
Tabela 20 - Ranking das instituições executoras de projetos de P&D&I em biocombustíveis.....	57



Tabela 21 - Distribuição dos valores de P&D&I em biocombustíveis, por Tema e Subtema.....	58
Tabela 22 - Distribuição dos projetos por tipo de qualificação.....	59
Tabela 23 - Número de depósitos de pedidos de patente de acordo com o país de origem dos depositantes das invenções e sua participação relativa no total de depósitos em Biocombustíveis no Brasil	68
Tabela 24 - Número de depósitos de pedidos de patente por período e participação no total de pedidos, de acordo com os principais países de origem dos depositantes das invenções de Biocombustíveis depositadas no Brasil.....	69
Tabela 25 - Principais depositantes de pedidos de patente relacionados à Biocombustíveis no Brasil entre 2000 e 2023	71
Tabela 26 - Número de depósitos dos 20 principais depositantes de pedidos de patente de Biocombustíveis no Brasil por período	72
Tabela 27 - Número de pedidos de patente de acordo com os diferentes campos e subcampos tecnológicos e tipos de Biocombustíveis	75
Tabela 28 - Número de depósitos de pedidos de patente por país de origem do depositante das invenções de Bioetanol e sua participação relativa no total de depósitos nesta categoria	77
Tabela 29 - número de depósitos de pedidos de patente de acordo com os principais países de origem dos depositantes das invenções de Bioetanol depositadas no Brasil e participação no total de pedidos da categoria por período	78
Tabela 30 - Principais depositantes de pedidos de patente de Bioetanol no Brasil entre 2000 e 2023	79
Tabela 31 - Número de depósitos de pedidos de patente dos principais depositantes de invenções relacionadas à Bioetanol no Brasil por período	80
Tabela 32 - Número de depósitos de pedidos de patente no Brasil de acordo com o país de origem dos depositantes das invenções de biodiesel e sua participação relativa no total da categoria	82
Tabela 33 - Número de depósitos de pedidos de patente de Biodiesel e participação no total da categoria de acordo com os principais países de origem dos depositantes das invenções depositadas no Brasil por período.....	82
Tabela 34 - Principais depositantes de pedidos de patente de Biodiesel no Brasil entre 2000 e 2023	83
Tabela 35 - Número de depósitos de pedidos de patente dos principais depositantes de invenções relacionadas à Biodiesel no Brasil por período.....	84



Tabela 36 - Número de depósitos de pedidos de patente por país de origem dos depositantes das invenções de Biogás e sua participação relativa no total da categoria.....	86
Tabela 37 - Número de depósitos de pedidos de patente de acordo com os países de origem dos depositantes das invenções de Biogás depositadas no Brasil e participação no total de depósitos da categoria por período.....	86
Tabela 38 - Principais depositantes de pedidos de patente de Biogás no Brasil entre 2000 e 2023	87
Tabela 39 - Número de depósitos de pedidos de patente dos principais depositantes de invenções associadas a biogás no Brasil por período	88
Tabela 40 - Número de depósitos de pedidos de patente por país de origem dos depositantes das invenções de bioquerosene e sua participação relativa no total da categoria.....	89
Tabela 41 - Principais depositantes de pedidos de patente de bioquerosene no Brasil entre 2000 e 2023.....	90
Tabela 42 - Principais depositantes brasileiros de pedidos de patente de Biocombustíveis depositados no Brasil entre 2000 e 2023	92
Tabela 43 - Número de depósitos dos principais depositantes brasileiros de pedidos de patente de biocombustíveis depositados no Brasil por período	94
Tabela 44 - Principais depositantes brasileiros em cada categoria de biocombustível e número de pedidos de patente por categoria e por depositante	95
Tabela 45 - Destaque de palavras mais citadas em patentes	101
Tabela 46 - Palavras importantes para classificações específicas de Patentes ...	101
Tabela 47 - Teste de independência das nuvens de palavras	112
Tabela 48 - Regressões para estimativa da influência da taxa de mistura do biodiesel em seu consumo.....	120
Tabela 49 - Amostra das entrevistas semiestruturadas	122
Tabela 50 - Estratégia de busca	123
Tabela 51 - Categorização por tipo de biocombustível.....	124
Tabela 52 - Frequência das palavras mais citadas nos conjuntos de documentos analisados.....	126



Lista de Figuras

Figura 1 - Capacidade instalada de produção de bioenergia (MW) - Mundo e países selecionados - 2014 a 2023	15
Figura 2 - Produção de Bioenergia (GW/h) - Mundo e países selecionados - 2014 a 2022	16
Figura 3 - Capacidade produtiva de Produção de Bioenergia a partir de Combustíveis sólidos e resíduos renováveis (MW) – Mundo e países selecionados – 2014 a 2023	17
Figura 4 - Produção de Bioenergia a partir de Combustíveis sólidos e resíduos renováveis (GW/h) – Mundo e países selecionados – 2014 a 2022	18
Figura 5 - Evolução da mão de obra formal empregada	19
Figura 6 - Participação da mão de obra no total do segmento industrial por estado da federação - 2022.....	20
Figura 7 - Distribuição da mão de obra ocupada na fabricação de biocombustíveis por perfil de ocupação – Brasil 2022.....	21
Figura 8 – Produção de bioetanol hidratado e anidro – Brasil – 2014 a 2023. (milhões m ³)	22
Figura 9 - Participação média na produção nacional de bioetanol– 2014 a 2023 .	24
Figura 10 - Exportações e importações de bioetanol – Brasil – 2014 a 2023 (milhões m ³)	24
Figura 11 - Participação média no comércio exterior de bioetanol brasileiro – 2014 a 2023	25
Figura 12 - Participação das principais distribuidoras no mercado de bioetanol – Brasil - 2023	26
Figura 13 - Coeficiente de variação do preço anual médio do bioetanol entre os estados brasileiros – 2014 a 2023	27
Figura 14 - Indicador mensal do etanol anidro combustível – à vista – FOB – São Paulo	27
Figura 15 - Índice de Produção de Biocombustíveis com e sem ajuste sazonal – PIM - IBGE	28
Figura 16 - Índices do preço do petróleo e do açúcar - FMI.....	29
Figura 17 - Produção de Biodiesel em m ³ - Brasil - 2014 a 2023.....	30



Figura 18 - Capacidade Instalada de biodiesel (B100) – m ³ /dia – Brasil 2023	31
Figura 19 - Participação média na produção nacional de biodiesel– 2014 a 2023	32
Figura 20 - Evolução do uso de matérias-primas para produção de biodiesel	33
Figura 21 - Preço médio ponderado dos Leilões de biodiesel da ANP – 2005 a 2021	34
Figura 22 - Número de grupos de pesquisa em biocombustíveis, por região do país	43
Figura 23 - Idade média dos grupos de pesquisa – por região.....	45
Figura 24 – Nuvens de palavras dos grupos de pesquisa	46
Figura 25 - Nuvem de palavras a partir das palavras-chave e dos resumos	50
Figura 26 - Nuvens de palavra a partir de palavras-chave de áreas de conhecimento selecionadas	51
Figura 27 - Investimentos em PD&D e participações no total	53
Figura 28 - Evolução real dos valores destinados à P&D&I em projetos registrados na ANP	54
Figura 28 - Nuvens de palavras dos objetivos de projetos em Biocombustíveis ...	60
Figura 30 - Recursos aportados pelas empresas petrolíferas no PRH-ANP – em milhões de R\$	61
Figura 31 - Distribuição das bolsas concedidas pelo PRH-ANP - 2023	62
Figura 32 - Número pedidos de patente de Biocombustíveis no brasil por ano de depósito.....	67
Figura 33 - Participação de EUA e Brasil como países de origem dos depositantes das invenções de Biocombustíveis depositadas no Brasil, por ano de depósito ...	69
Figura 34 - Número pedidos de patente por categoria de Biocombustível no Brasil por ano de depósito	73
Figura 35 - Número de pedidos de patente de Biocombustíveis no Brasil entre 2000-2023 por categoria de Biocombustíveis e país de origem do depositante.....	74
Figura 36 - Número pedidos de patente de Bioetanol depositados no brasil por ano de depósito.....	77
Figura 37 - Número pedidos de patente de Biodiesel no Brasil por ano de depósito	81
Figura 38 - Número pedidos de patente de biogás depositados no Brasil por ano de depósito.....	85



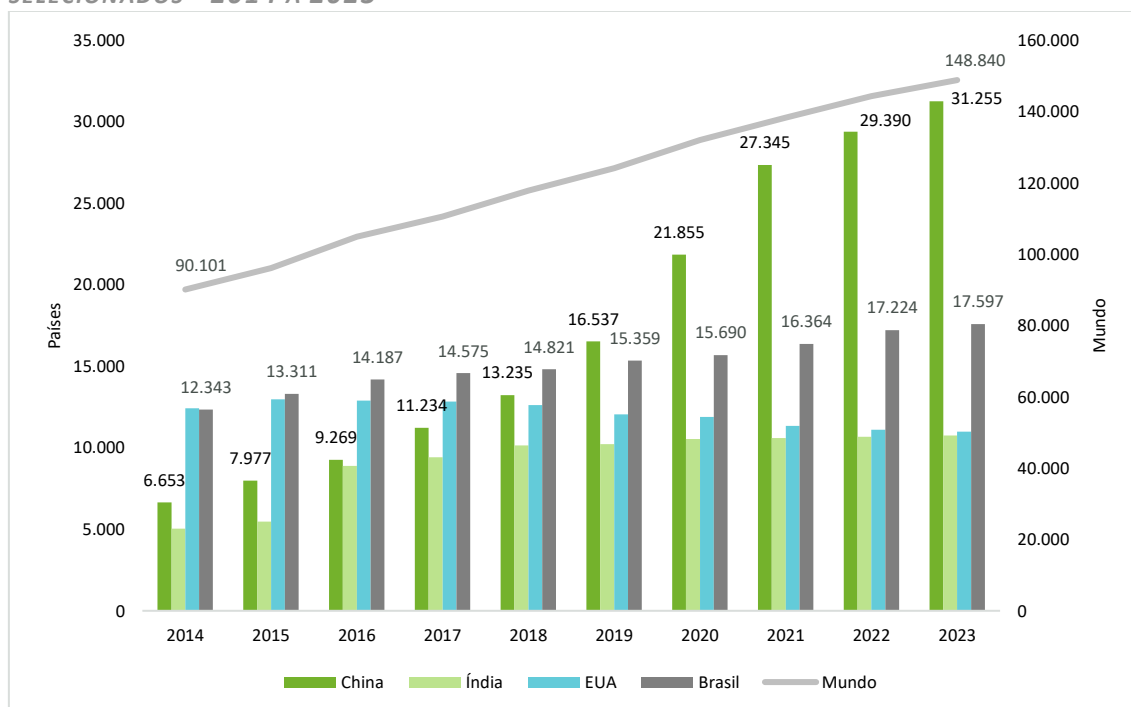
Figura 39 - Número pedidos de patente de bioquerosene depositados no Brasil por ano de depósito.....	89
Figura 40 - Número pedidos de patente de biocombustíveis no Brasil realizados por depositantes brasileiros por ano de depósito e categoria do biocombustível.....	91
Figura 41 - Participação relativa dos depositantes brasileiros no conjunto de pedidos de patentes de biocombustíveis depositados no Brasil entre os anos 2000 e 2023 para cada categoria de biocombustível.....	92
Figura 42 - Número de pedidos de patente de Biocombustíveis por tipo de natureza jurídica do depositante brasileiro, depositados no Brasil, por ano de depósito. ...	96
Figura 43 - Número de pedidos de patente de biocombustíveis acordo com a unidade da federação associada ao depositante.....	97
Figura 44 - Distribuição dos pedidos de patente de depositantes brasileiros associados às categorias de biocombustíveis, de acordo com a região de origem do depositante.....	98
Figura 45 - Nuvens de palavras a partir dos abstracts das patentes depositadas no Brasil	99

Capítulo 1. Panorama setorial

1.1 Contexto econômico da produção de biocombustíveis

O Brasil desempenha papel relevante no cenário internacional da produção de bioenergia (**Figura 1**). O país apresentou crescimento anual médio de 1,8%, inferior ao mundial de 4,2%, resultando na redução de sua participação na capacidade instalada mundial de 13,7%, em 2014, para 11,8% em 2023. Já a participação chinesa na capacidade instalada saltou de 7,4% para 21,0% no mesmo período, resultante de crescimento anual médio de 15,8%. Optou-se por apresentar dados da Índia e dos EUA por também possuírem participação relevante na capacidade instalada. Os EUA perderam participação em decorrência do declínio em sua capacidade produtiva, provavelmente decorrente de alterações na estrutura de subsídios à produção de bioetanol (CHAGAS, 2012).

FIGURA 1 - CAPACIDADE INSTALADA DE PRODUÇÃO DE BIOENERGIA (MW) - MUNDO E PAÍSES SELECIONADOS - 2014 A 2023



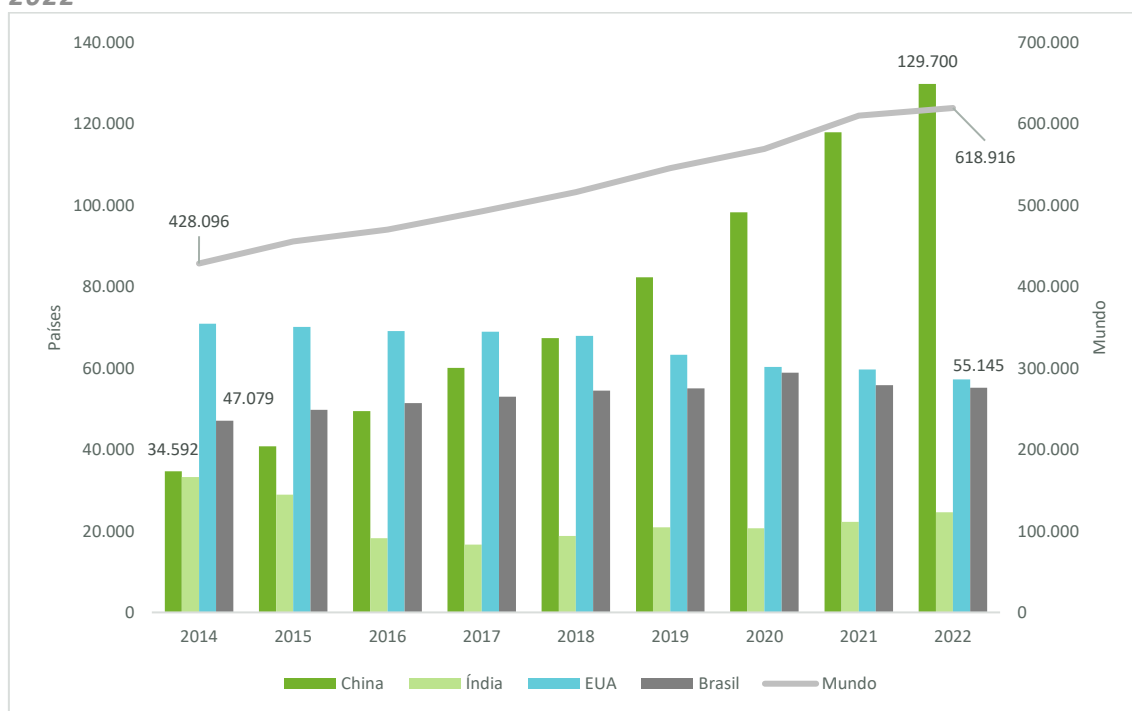
Fonte: IRENA(2024)

A **Figura 2** apresenta a produção de bioenergia no mundo entre 2014 e 2022, revelando importantes mudanças nas participações globais. O Brasil reduziu de 11,0% para 8,9% sua



participação na produção global, em razão de um crescimento anual médio de 4,0%, inferior à taxa de crescimento mundial (5,7%). A China teve sua participação aumentando de 8,1% para 21,0%, fruto de crescimento anual médio de 18,8%. A Índia, apesar do observado crescimento da capacidade produtiva, não apresentou aumento da sua produção. A dinâmica da produção norte-americana repete a da capacidade instalada, com queda ao longo do tempo, fazendo com que sua participação seja reduzida de 16,5% para 9,2% no período considerado. Cumpre destacar que o Brasil apresentou crescimento maior na capacidade produtiva do que na produção em si.

FIGURA 2 - PRODUÇÃO DE BIOENERGIA (GW/H) - MUNDO E PAÍSES SELECIONADOS - 2014 A 2022



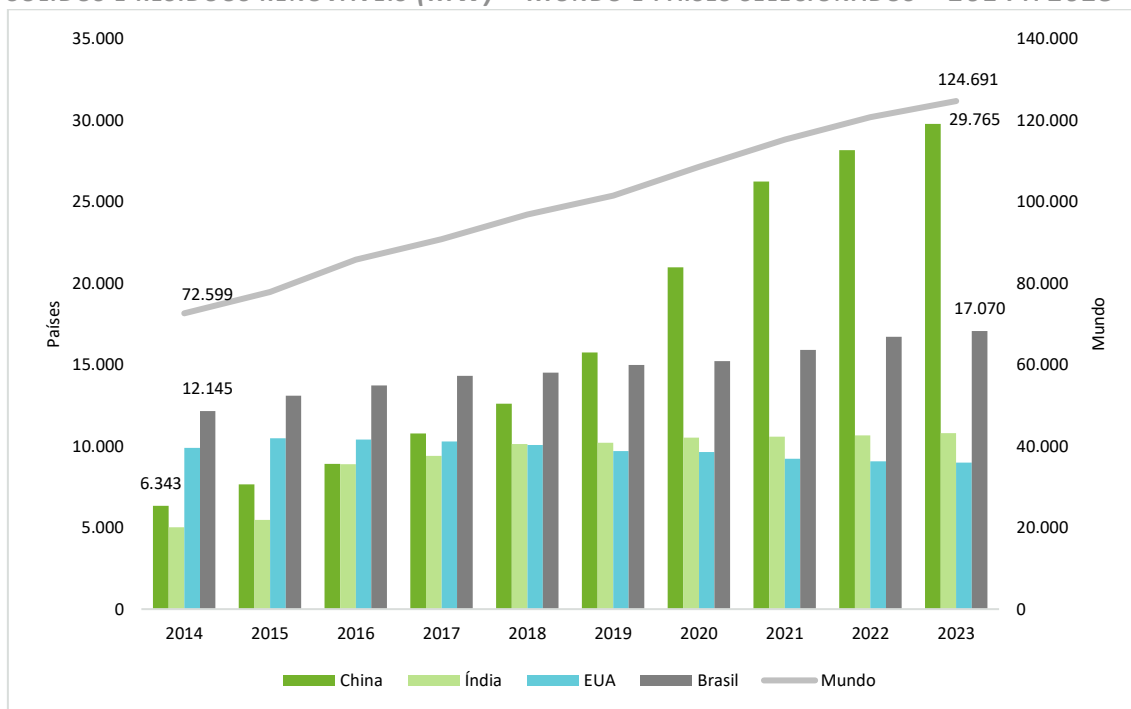
Fonte: IRENA(2024)

Os dados mostram que o Brasil está entre os líderes globais na capacidade instalada e na produção de bioenergia. A redução da importância relativa do país nos últimos dez anos deve-se à excepcional evolução da posição da China, com crescimentos de 370% da capacidade instalada (**Figura 1**) e de 275% na produção de bioenergia (**Figura 2**). Quanto à capacidade instalada, o Brasil ocupa a 2ª posição, bem à frente de EUA (3ª) e Índia (4ª). Em termos de volume de produção, o Brasil ocupa a 3ª posição, muito próximo dos EUA (2ª posição), ambos bem à frente da Índia (4ª).

Uma das formas de obtenção de bioenergia se dá a partir de combustíveis sólidos. A **Figura 3** apresenta a capacidade instalada em nível mundial entre os anos de 2014 a 2023 a partir de combustíveis sólidos e resíduos renováveis. O crescimento anual médio é de 6,2% para o mundo, com a China apresentando a maior taxa, de 18,7%, a Índia de 8,9%, os EUA de -1,1% e o Brasil de 3,9%. A participação do Brasil na capacidade produtiva caiu de 16,7% para 13,7%, enquanto a participação chinesa subiu de 8,7% para a 23,9%.



FIGURA 3 - CAPACIDADE PRODUTIVA DE PRODUÇÃO DE BIOENERGIA A PARTIR DE COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS E RESÍDUOS RENOVÁVEIS (MW) – MUNDO E PAÍSES SELECIONADOS – 2014 A 2023

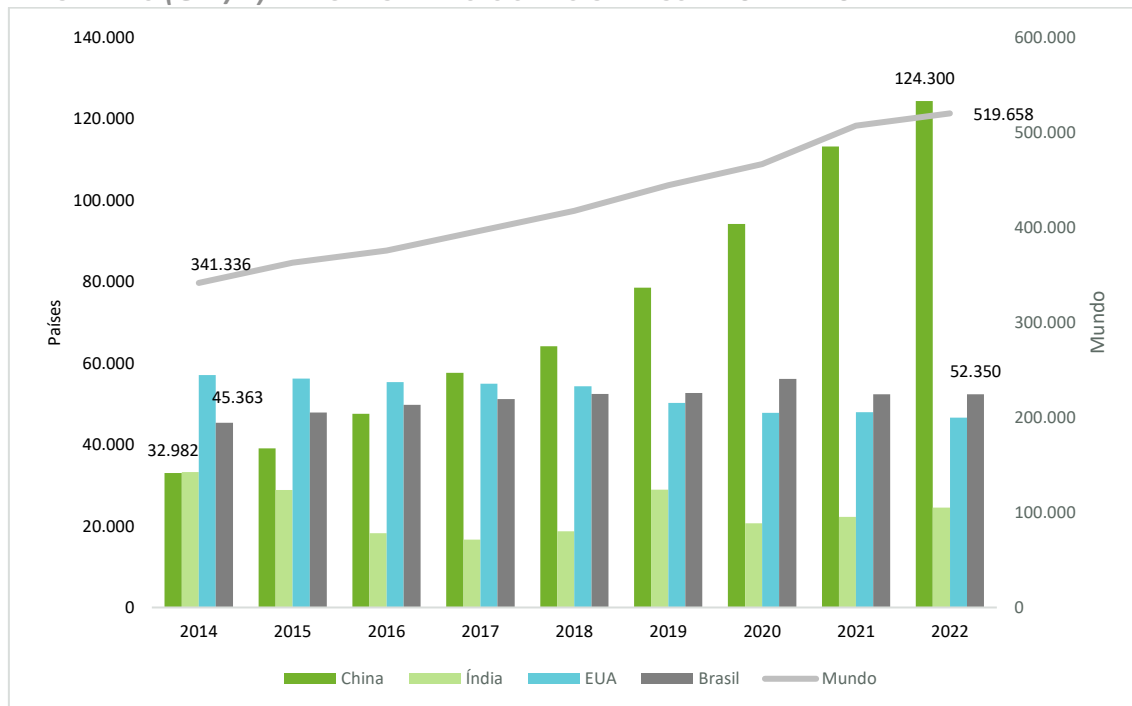


Fonte: IRENA(2024)

A produção de bioenergia a partir de combustíveis sólidos e resíduos renováveis está apresentada na **Figura 4**. As taxas anuais de crescimentos são: 4,8% para o mundo, 15,9%, da China, -3,3% para Índia, -2,2% para os EUA e 1,6% para o Brasil. Assim, observa-se que, em relação à produção global, a participação brasileira passou de 13,3% para 10,1%. Nota-se que a capacidade produtiva está crescendo mais do que a produção, indicando que ainda são necessárias ações que afetem os preços relativos em comparação às fontes não renováveis para aumentar o consumo efetivo.



FIGURA 4 - PRODUÇÃO DE BIOENERGIA A PARTIR DE COMBUSTÍVEIS SÓLIDOS E RESÍDUOS RENOVÁVEIS (GW/H) – MUNDO E PAÍSES SELECIONADOS – 2014 A 2022



Fonte: IRENA(2024)

1.1.1 O emprego no setor de biocombustíveis no Brasil

Um aspecto relevante em qualquer discussão sobre desenvolvimento sustentável é o impacto sobre o emprego, especialmente em setores intensivos em mão de obra, como a produção de biocombustíveis no Brasil. A indústria de biocombustíveis, particularmente a produção de bioetanol a partir da cana-de-açúcar, tem um histórico complexo, marcado por denúncias de condições de trabalho precárias e, em alguns casos, trabalho análogo à escravidão. Até recentemente, ainda eram registradas ocorrências de trabalho escravo e fatalidades por exaustão durante a colheita manual da cana-de-açúcar. (SILVA *et al.*, 2021)

A crescente pressão da sociedade civil e a intervenção estatal resultaram em uma significativa formalização do trabalho no setor sucroalcooleiro. Além disso, a proibição da queima da palha da cana, uma prática que gerava graves impactos ambientais e riscos à saúde, acelerou a adoção da colheita mecanizada. (MORAES, 2007) Essa transição para a mecanização não apenas reduziu o número de acidentes e doenças ocupacionais, mas também transformou a dinâmica do mercado de trabalho, exigindo uma qualificação maior dos trabalhadores envolvidos.

A **Figura 5** ilustra a evolução do emprego formal na produção de bioetanol e de outros biocombustíveis, com base nos dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS). Ao longo dos últimos 16 anos, o setor de bioetanol registrou um aumento de 50,38% no número de empregos formais, representando uma taxa de crescimento anual de 2,75%. Essa taxa está em

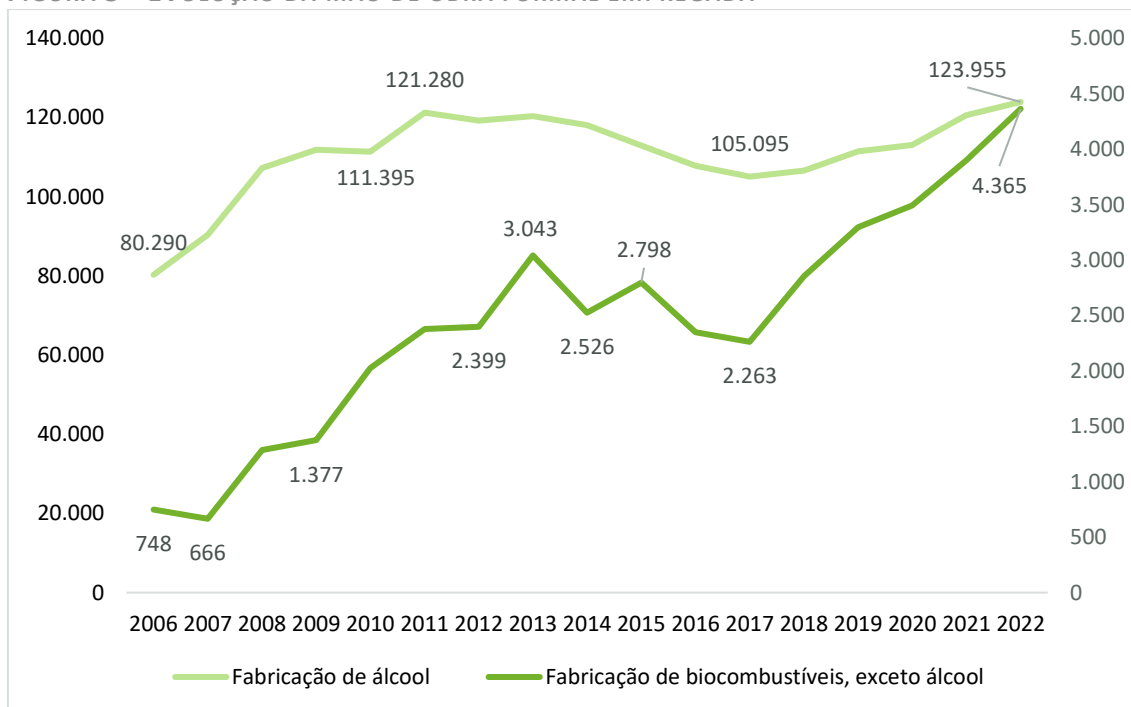


linha com o crescimento da produção de bioetanol, sugerindo que a produtividade do trabalho no setor permaneceu praticamente estagnada durante o período.

Por outro lado, a fabricação de outros biocombustíveis, como o biodiesel, mostrou um crescimento significativamente maior em termos de emprego, com uma taxa média anual de 12,5%. Esse aumento reflete a diversificação da matriz de biocombustíveis no Brasil e o avanço de novas tecnologias e fontes de matéria-prima, como o óleo de soja e resíduos agrícolas.

Ambos os segmentos—bioetanol e outros biocombustíveis—sofreram impacto negativo durante a crise econômica brasileira de 2015 a 2017. No entanto, o setor de biocombustíveis não-etanol¹, principalmente o biodiesel, demonstrou uma recuperação mais vigorosa, indicando ganho relativo de importância e potencial de crescimento futuro.

FIGURA 5 - EVOLUÇÃO DA MÃO DE OBRA FORMAL EMPREGADA



Fonte: MTE/RAIS

Nota: Na RAIS a classificação das atividades trata álcool como bioetanol. Isto decorre das origens do uso do biocombustível no Brasil, que foi chamado de álcool.

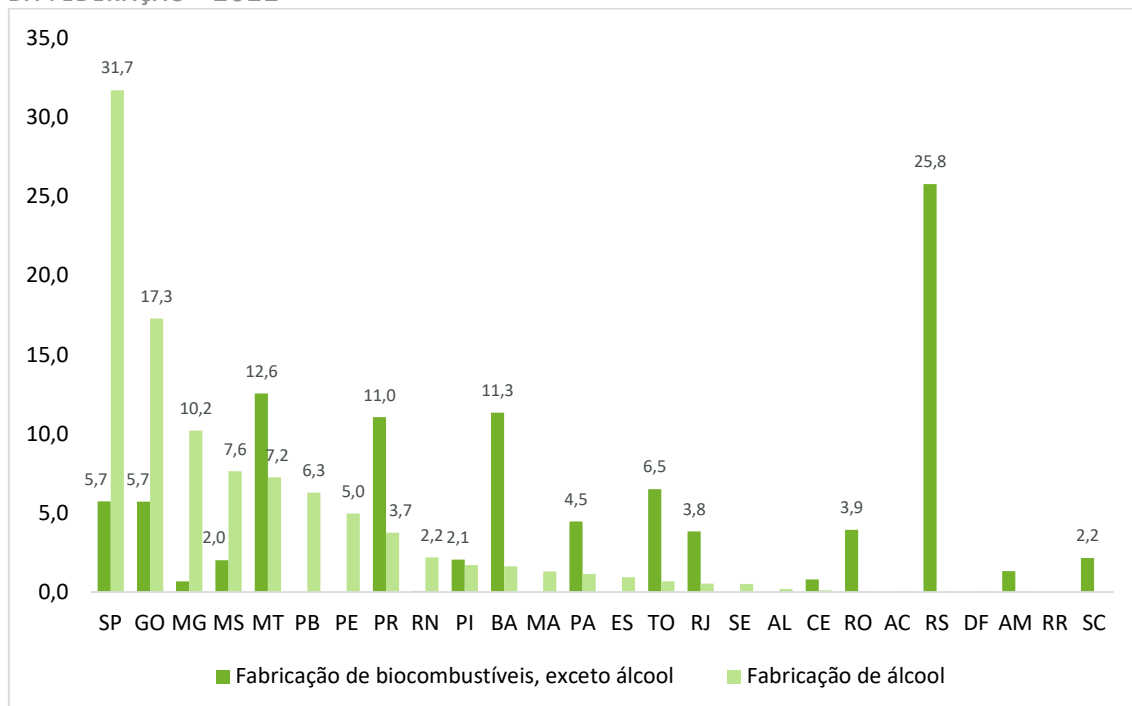
Um olhar sobre a alocação espacial da força de trabalho na produção de biocombustíveis revela diferenças significativas entre o setor de bioetanol e de outros biocombustíveis, especialmente o biodiesel. Enquanto a produção de bioetanol é concentrada em áreas específicas, a fabricação de outros biocombustíveis, como o biodiesel, apresenta uma distribuição geográfica mais diversificada entre os estados brasileiros (conforme ilustrado na Figura 6).

¹ Aqui o termo “**biocombustível não-etanol**” está sendo empregado para designar os demais tipos de biocombustíveis derivados de biomassa (matéria orgânica) que não são à base de etanol.



Essa dispersão se deve, em grande parte, à vinculação do biodiesel à produção de grãos, principalmente soja, que é cultivada em diversas regiões do país. Como resultado, estados como Rio Grande do Sul, Paraná, Mato Grosso e Bahia se destacam pela maior geração de empregos nesse setor, diferentemente da concentração tradicional da produção de bioetanol no Sudeste e Centro-Oeste, sobretudo São Paulo.

FIGURA 6 - PARTICIPAÇÃO DA MÃO DE OBRA NO TOTAL DO SEGMENTO INDUSTRIAL POR ESTADO DA FEDERAÇÃO - 2022

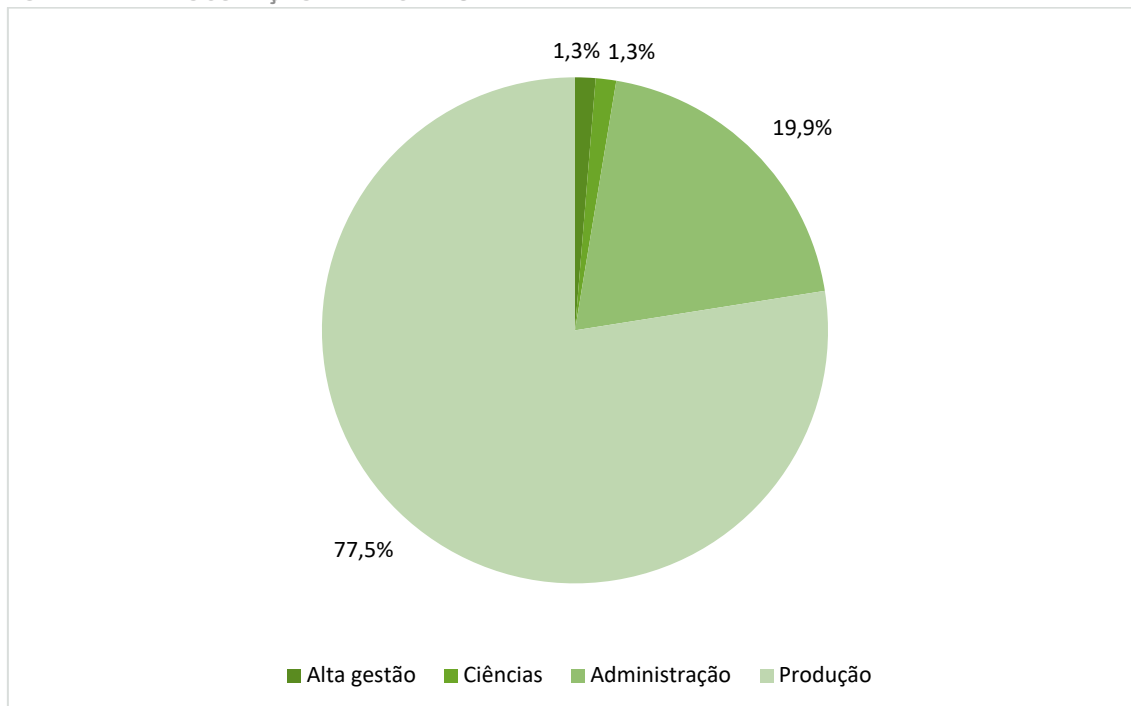


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da RAIS/MTE

Além da distribuição geográfica da produção de biocombustíveis, é fundamental analisar a composição da força de trabalho empregada no setor, conforme ilustrado na **Figura 7**. Observa-se que apenas 1,3% dos empregos formais estão ligados a ocupações voltadas para ciência e tecnologia. Esse grupo é essencial para impulsionar a inovação, contribuindo para o desenvolvimento de novas tecnologias e a incorporação de melhorias autônomas nos processos produtivos.



FIGURA 7 - DISTRIBUIÇÃO DA MÃO DE OBRA OCUPADA NA FABRICAÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS POR PERFIL DE OCUPAÇÃO – BRASIL 2022



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da RAIS/MTE

1.1.2 O bioetanol

O bioetanol é uma substância química com fórmula molecular C_2H_6O , produzida especialmente via fermentação de açúcares. É um biocombustível utilizado em motores de combustão interna com ignição por centelha (Ciclo Otto) em substituição especialmente à gasolina e em contraponto a outros combustíveis fósseis. (ANP)

O uso de biocombustíveis no sistema de transportes do Brasil remota a 1931, quando, através do Decreto 19.717, determinou-se a adição de 5% de álcool anidro à gasolina. Mas é na década de 1970 que o Brasil dá forte ênfase ao uso de biocombustíveis como um substituto dos combustíveis fósseis, com o início do Proálcool. Este programa foi uma resposta do Governo Federal aos choques do preço do petróleo e, ao estimular o desenvolvimento e a adoção de carros movidos a bioetanol, aumentar o volume de álcool adicionado à gasolina e dar suporte a pesquisas de melhorias da produção agroindustrial da cana-de-açúcar, colocou o Brasil na vanguarda do uso de biocombustíveis para o transporte em larga escala. (CHAGAS, 2012; GRASSI & PEREIRA, 2019; GOLDBERG, 2008; WIPO, 2024).

O Proálcool perde importância no final do século XX, principalmente com o declínio do preço do petróleo, o aumento da produção nacional de petróleo e a extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool, que regulava os preços relativos destes produtos mantendo firme a produção de bioetanol.² Chagas (2012) destaca que com a desregulamentação dos preços e

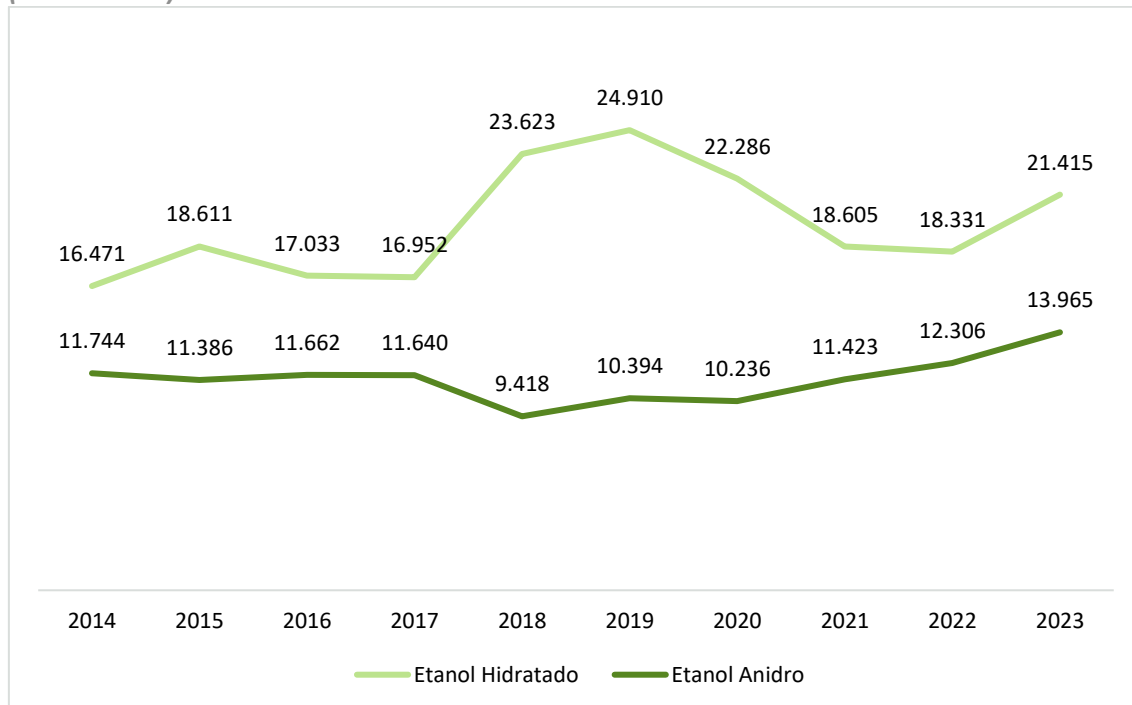
² MOREIRA & GOLDEMBERG (1999) descreveram os problemas que o programa do álcool passou na década de 1990.



sendo o açúcar uma *commodity*, a produção de álcool ficou concentrada no anidro, dado o mercado cativo de adição à gasolina. Cumpre destacar que o declínio do Proálcool é uma primeira evidência de que a viabilidade econômica da adoção de biocombustíveis é afetada pela volatilidade dos preços do petróleo. De fato, diversos estudos mostram que a volatilidade do preço dos petróleos é um entrave à adoção de novas tecnologias de produção de biocombustíveis (VANDENBERGHE *et al.*, 2022; KHAN *et al.*, 2022; GRASSI & PEREIRA, 2019).

Outro marco importante na adoção de biocombustíveis no Brasil é o lançamento dos carros *flexfuel* a partir de 2003. O avanço da injeção eletrônica permitiu que fossem desenvolvidos veículos capazes de funcionar tanto com gasolina, quanto bioetanol ou em qualquer proporção desta mistura. Isto volta a estimular a produção de bioetanol que havia caído com a redução dos preços do petróleo e a preferência dos consumidores por veículos movidos à gasolina. Na década de 2010 surge o bioetanol de segunda geração, desenvolvido através do uso de enzimas e leveduras transgênicas capazes de transformar a celulose em bioetanol. Desta forma, melhorias genéticas na cana-de-açúcar, melhorias nos processos industriais e aproveitamento do material não solúvel da cana-de-açúcar permitiram o aumento da produtividade (GRASSI & PEREIRA, 2019). A **Figura 8** permite vislumbrar a dinâmica da produção nacional de bioetanol nos últimos 10 anos. A produção total cresceu 25,4% entre 2014 e 2023. A média da participação do bioetanol hidratado no total é de 63,2%, com pico em 2018, quando foi de 71,5%.

FIGURA 8 – PRODUÇÃO DE BIOETANOL HIDRATADO E ANIDRO – BRASIL – 2014 A 2023. (MILHÕES M³)



Fonte: ANP – Anuário Estatístico.

Em 2009 foi instituído o zoneamento da produção da cana-de-açúcar. Tal medida restringe a expansão da produção em áreas que gerem impactos ambientais negativos e/ou



onde seja muito arriscada a sua produção. Com isto, buscou-se reduzir as críticas a que o uso do bioetanol da cana-de-açúcar provocasse o desmatamento e, conseqüentemente, liberasse gases de efeito estufa, tornando sua produção ambientalmente insustentável. (CHAGAS, 2012; SOUTINHO et al., 2014)

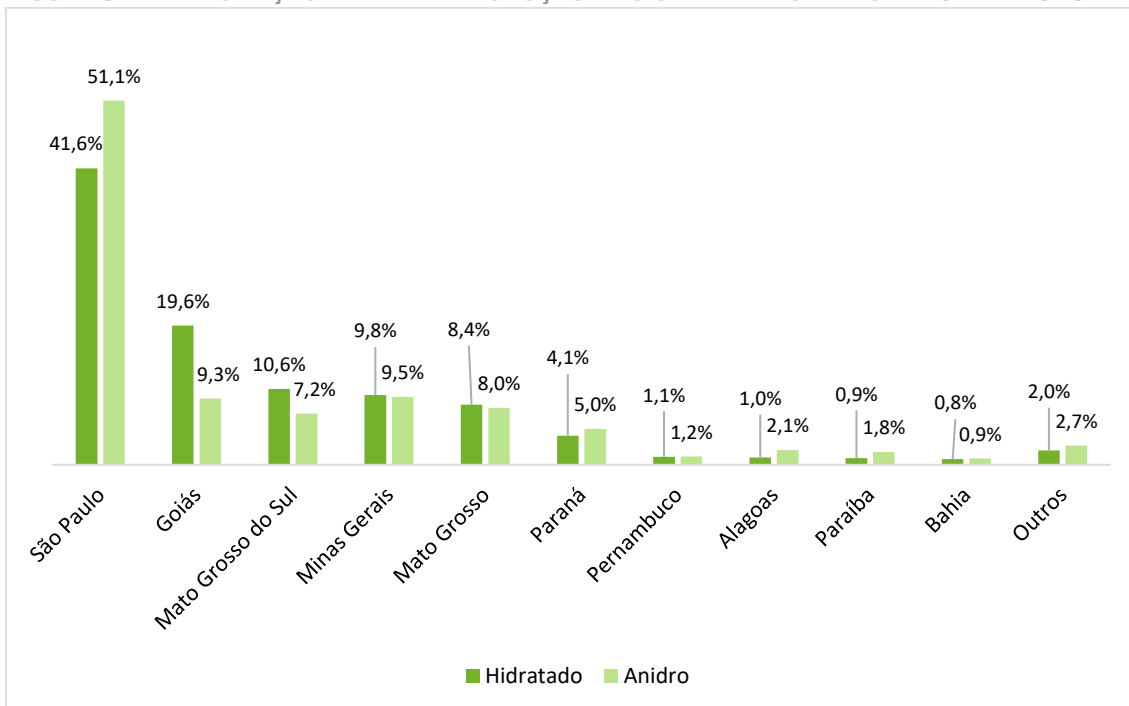
Desde 2016, com o início da vigência do Acordo de Paris, tem-se intensificado o debate e adoção de medidas que reduzam a emissão de CO₂. Vandenberghe et al. (2022) estimam que o Acordo de Paris eleve a demanda de bioetanol em 100% em horizonte de 10 anos após o início de sua implantação. Em 2017 foi promulgada a Lei 13.576/2017, que engendra a Política Nacional de Biocombustíveis e estabelece, entre outras coisas, mercado de carbono para os combustíveis que comprovadamente reduzam a emissão de CO₂ na atmosfera, em comparação com a queima de combustíveis fósseis. Já em 2024 foi aprovada a Lei 14.993/2024, que estabelece o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação, o Programa Nacional de Diesel Verde e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano.

A produção de bioetanol é espacialmente concentrada no Brasil. São Paulo lidera a produção, com participação média, nos últimos 10 anos, próxima aos 50%. Os demais estados que formam com São Paulo uma aglomeração produtiva são Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Paraná. Outra aglomeração está na zona da mata nordestina. No entanto, este último vem perdendo importância ao longo da história, dada a exaustão da atividade (baixa produtividade) e às dificuldades de automatizar a produção (custos mais elevados). (**Figura 9**) Tal concentração da produção está ligada, além da disponibilidade de terras férteis para o cultivo da cana-de-açúcar, à proximidade do mercado consumidor. Esta concentração traz efeitos para o sistema de inovação, conforme será abordado no próximo capítulo.

O contexto mundial da busca por transição energética abre diversas possibilidades e se costuma creditar ao Brasil a possibilidade de exercer o papel de importante exportador de biocombustíveis ou de produtos cuja produção seja intensiva em energia. A **Figura 10** mostra a balança comercial nacional no tocante ao bioetanol nos últimos dez anos. Nota-se que, em proporção à produção nacional, as exportações ainda são pequenas. Em 2023 o Brasil foi superavitário em 2.450 milhões de m³, o que corresponde a 6,9% da produção. No entanto, houve anos de déficit na balança comercial de bioetanol. Parte da dificuldade de exportação do bioetanol é decorrência do mesmo ainda não ser uma commodity, como o açúcar ou outros produtos do complexo agropecuário que exportamos (CHAGAS, 2012). Segundo a União Nacional da Bioenergia (UDOP), isto se deve à falta de um mercado internacional regular que leve à criação de instrumentos financeiros que deem liquidez ao mercado. Além disto, apesar da ANP já ter regulado os critérios de qualidade do bioetanol nacional, ainda não existe uma padronização internacionalmente aceita (UDOP, 2021). Outra dificuldade é que a Europa tem optado por outros caminhos de transição energética, principalmente sob o argumento de que produzir combustíveis de origem agrícola provocaria desmatamento ou geraria a concorrência com a produção de alimentos.

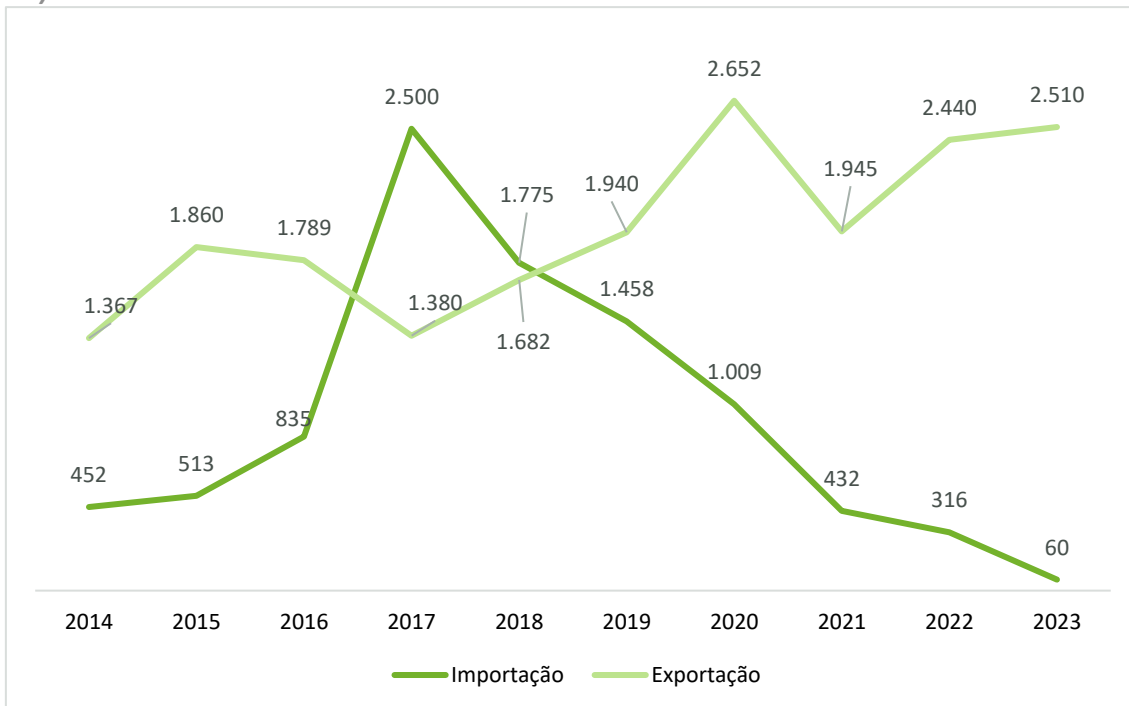


FIGURA 9 - PARTICIPAÇÃO MÉDIA NA PRODUÇÃO NACIONAL DE BIOETANOL – 2014 A 2023



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

FIGURA 10 - EXPORTAÇÕES E IMPORTAÇÕES DE BIOETANOL – BRASIL – 2014 A 2023 (MILHÕES M³)

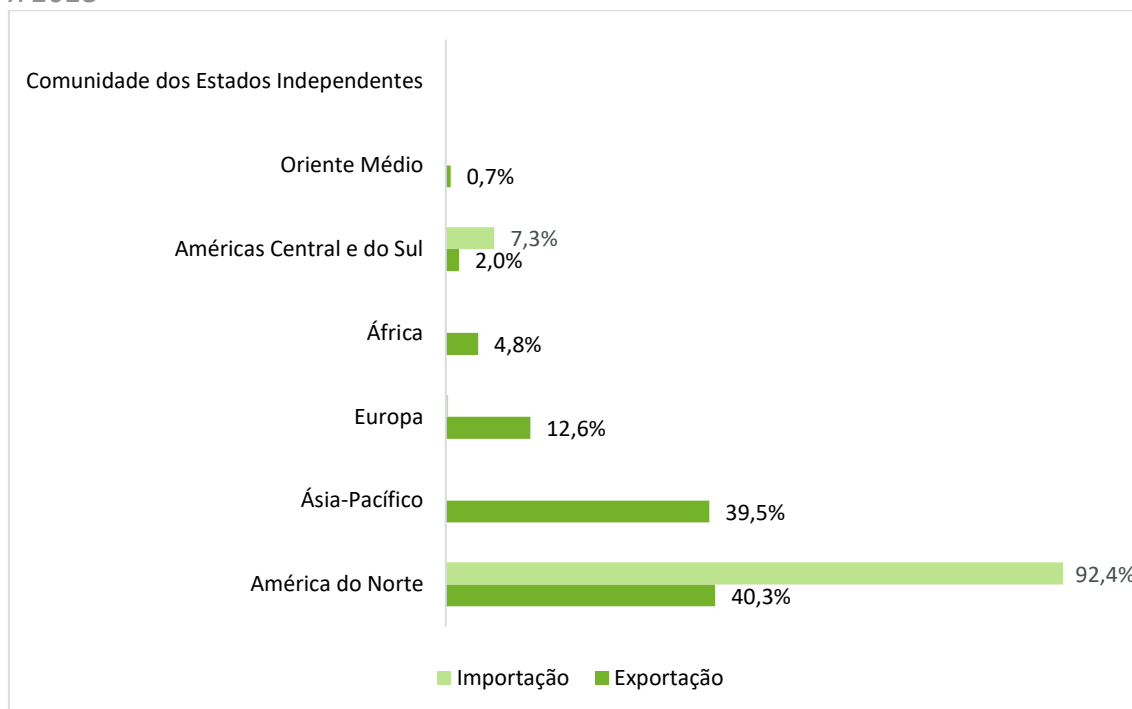


Fonte: ANP – Anuário Estatístico.



As exportações brasileiras nos últimos dez anos, ilustrada pela **Figura 11**, estão concentradas na Ásia-Pacífico e na América do Norte. A Europa representa apenas 12,6% de nossa exportação.

FIGURA 11 - PARTICIPAÇÃO MÉDIA NO COMÉRCIO EXTERIOR DE BIOETANOL BRASILEIRO – 2014 A 2023



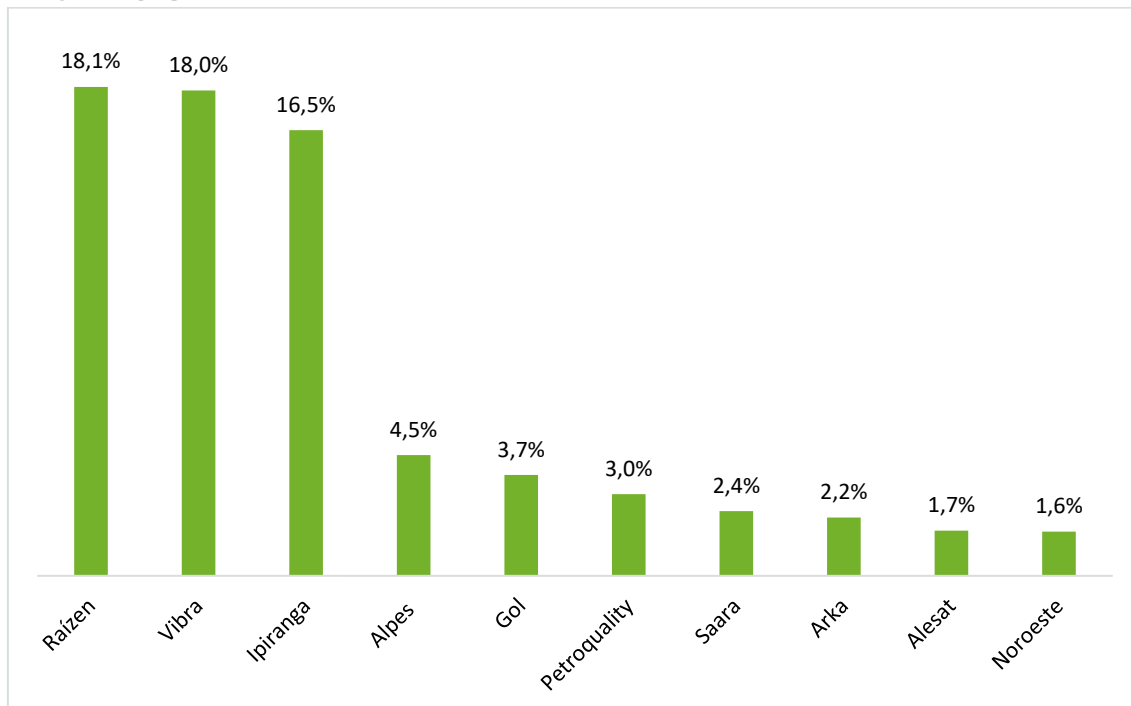
Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

Internamente, o mercado de bioetanol apresenta três grandes distribuidoras que, somadas, totalizam 52,6% do mercado nacional. A **Figura 12** apresenta as 10 maiores distribuidoras, que somam 71,84% do mercado nacional. Apesar disto, o mercado não pode ser considerado como concentrado, pois o IHH³ é de 0,1003. A título de comparação, em diesel este indicador é de 0,1380 e em gasolina de 0,1138. Segundo a ANP, são 142 empresas participantes deste mercado, sendo que muitas atuam em caráter regional, portanto tendo participação pequena em termos nacionais, mas interferindo na formação de preços em nível local. A Raízen é resultado de *joint-venture* entre a Shell (grupo de petróleo) e a Cosan (grupo produtor de bioetanol) e, portanto, verticaliza o negócio de bioetanol. A Vibra é o atual nome da BR-Distribuidora, que teve a saída da Petrobras com sua transformação em uma *Corporation*, portanto seguindo o caminho inverso ao da Raízen.

³ Índice de Hirshmann-Herfindahl mede o nível de concentração de mercado e é dado pelo somatório do quadrado das participações de mercado de todas as empresas.



FIGURA 12 - PARTICIPAÇÃO DAS PRINCIPAIS DISTRIBUIDORAS NO MERCADO DE BIOETANOL – BRASIL - 2023



Fonte: ANP – Anuário Estatístico.

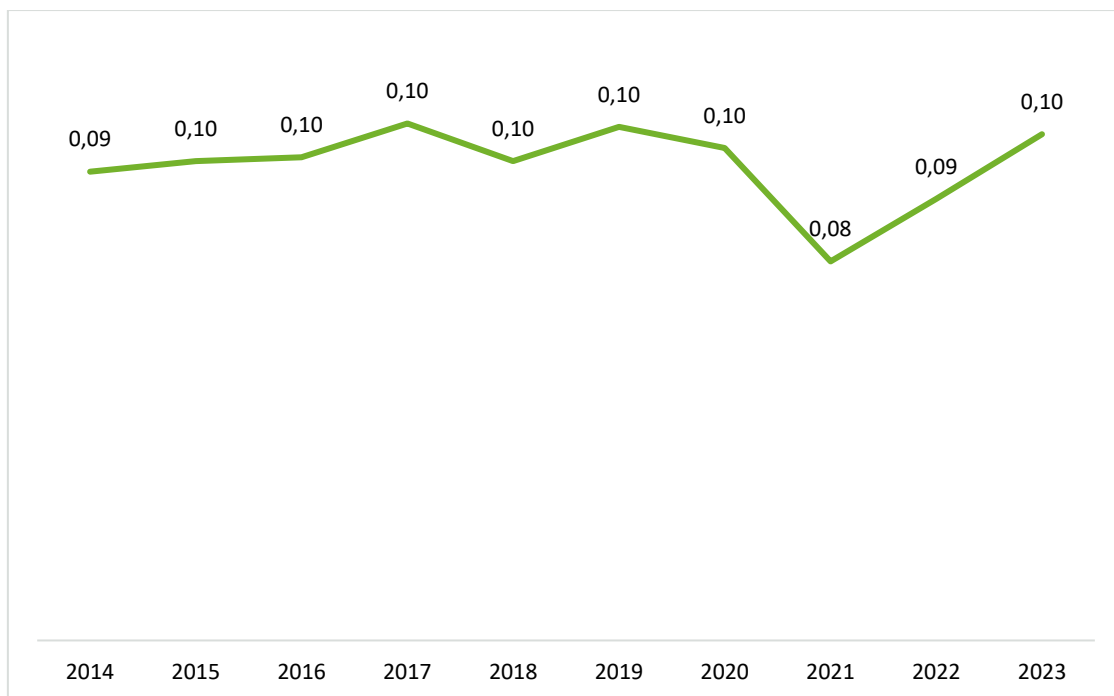
A **Figura 13** tenta capturar os efeitos da concentração espacial da produção de bioetanol no território brasileiro sobre os preços ao consumidor. Para sua elaboração foram calculados os coeficientes de variação⁴ entre os estados, ano a ano. Em geral, este indicador flutua entre 9% e 10%, com menor variabilidade em 2021, ano de retorno da atividade após a pandemia. Em 2023, Mato Grosso era o estado onde o preço do bioetanol era relativamente menor, Amapá o estado de maior preço. A diferença de preço entre estes dois estados foi de 55,8%. Logística de distribuição e concentração da produção podem ser apontados como alguns dos responsáveis por esta disparidade.

A literatura afirma que uma das dificuldades para a viabilidade da produção de biocombustíveis está na forte flutuação dos preços do petróleo, e consequentemente de seus derivados, que fazem com que em alguns momentos os biocombustíveis fiquem relativamente muito caros, reduzindo sua demanda e tornando inviáveis alguns tipos de produtos e/ou de processos tecnológicos utilizados em sua fabricação (CHAGAS, 2012; KHAN *et al.*, 2022; KLEIN *et al.*, 2019; VANDERBERGHE *et al.*, 2022). A **Figura 14** foi elaborada para ilustrar esta questão, apresentando os preços mensais médios do etanol anidro pago às usinas no estado de São Paulo, calculados pela CEPEA/ESALQ em reais e em dólares. A análise visual confirma o argumento das fortes flutuações nos preços. Para confirmar a variabilidade foram realizados testes de estacionariedade nas duas séries, com resultados indicando que as mesmas não são estacionárias, ou seja, com média e variância alterando ao longo do tempo.

⁴ O coeficiente de variação é um indicador adimensional resultante da razão entre a média e o desvio padrão.

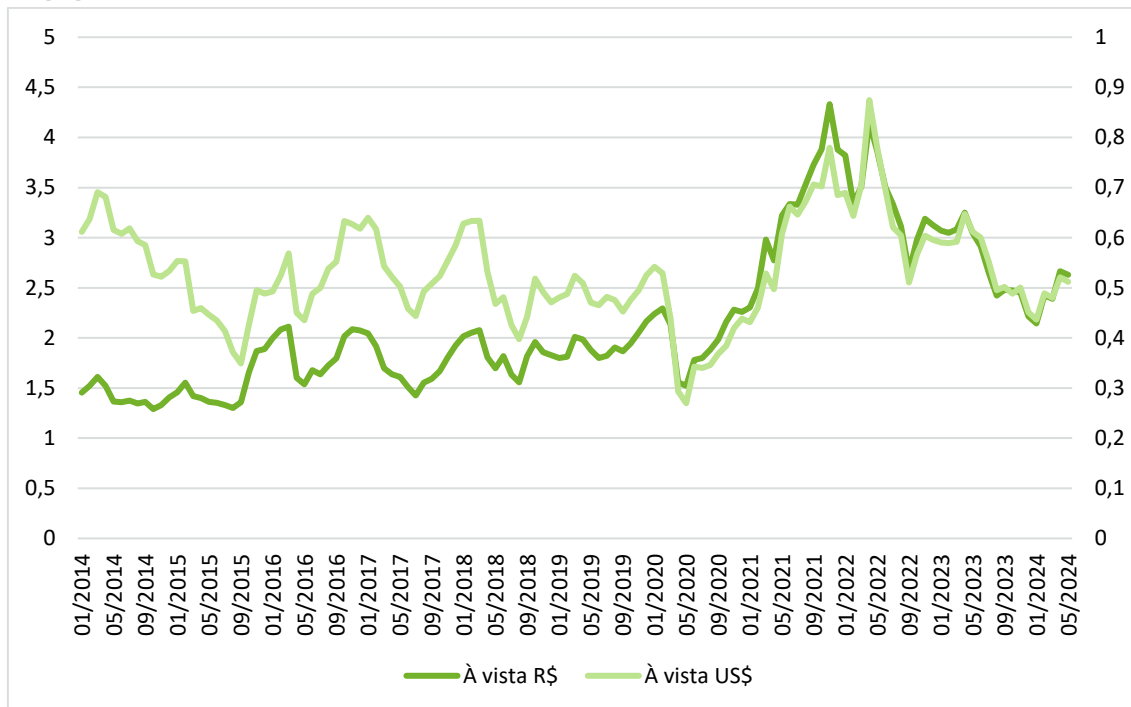


Figura 13 - Coeficiente de variação do preço anual médio do bioetanol entre os estados brasileiros – 2014 a 2023



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

FIGURA 14 - INDICADOR MENSAL DO ETANOL ANIDRO COMBUSTÍVEL – À VISTA – FOB – SÃO PAULO



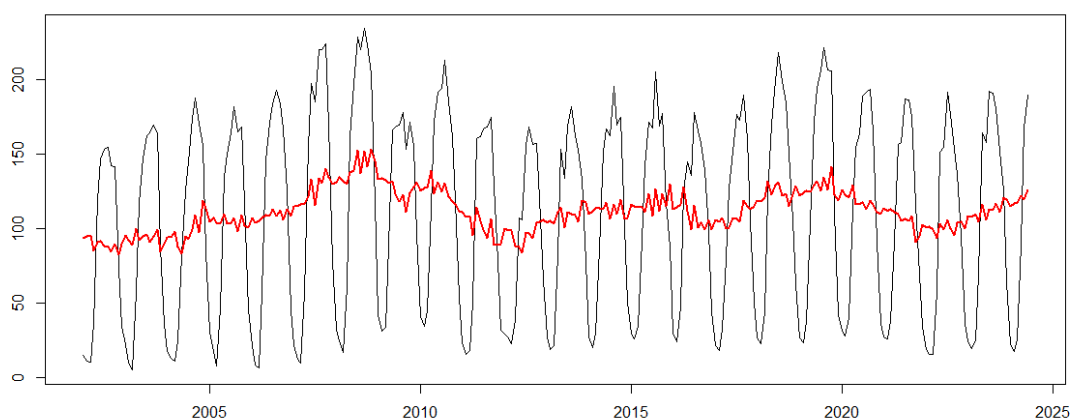
Fonte: CEPEA/ESALQ



A **Figura 14** também revela mudança de comportamento na formação de preços em 2020. Entre 2014 e 2020, a correlação entre o preço em real e em dólar era de 0,238. A partir de 2020, a correlação passa a ser de 0,968, reflexo de mudanças na fixação de preços pela Petrobras. Assim, além de a volatilidade dos preços do petróleo afetarem a rentabilidade da produção de biocombustíveis, existe o desafio adicional envolvendo mudanças nas políticas de formação de preços por parte da empresa líder no mercado doméstico.

Para testar a afirmação de que a volatilidade do preço do petróleo afeta as decisões em biocombustíveis, foram levantados dados da produção física mensal de biocombustíveis junto ao IBGE de janeiro de 2002 a junho de 2024 (**Figura 15**). Há forte caráter sazonal, que foi estatisticamente tratado utilizando o algoritmo apropriado.⁵ A série com ajuste sazonal (em vermelho) mostra que há comportamento de ciclo e não há tendência de crescimento de longo prazo na produção de biocombustíveis no Brasil. Esta série de dados foi cotejada com preços internacionais de *commodities*, mais especificamente, do petróleo Brent e do açúcar (**Figura 16**), com dados coletados no sistema de informações do Fundo Monetário Internacional (FMI). Tanto o preço do petróleo quanto o do açúcar mostram enorme variabilidade em sua volatilidade, com diversos patamares e choques de crescimento e decrescimento, configurando séries não estacionárias.

FIGURA 15 - ÍNDICE DE PRODUÇÃO DE BIOCOMBUSTÍVEIS COM E SEM AJUSTE SAZONAL – PIM - IBGE



Fonte: IBGE – PIM.

⁵ X-13ARIMA-SEATS Seasonal Adjustment Program do United States Census Bureau.



FIGURA 16 - ÍNDICES DO PREÇO DO PETRÓLEO E DO AÇÚCAR - FMI



Fonte: Fundo Monetário Internacional.

A **Tabela 1** apresenta resultados da comparação estatística entre o índice de produção industrial de biocombustíveis e os índices internacionais de preços de petróleo e açúcar. Nota-se que a correlação contemporânea é baixa e com sinal negativo quando se comparam as variações da produção com as variações de preços. O teste de causalidade de Granger aponta que o preço internacional do petróleo influencia a produção nacional de biocombustíveis, mas que o mesmo não é verdade para os preços do açúcar. O fato de a Petrobras alterar sua política interna de preços, não repassando integralmente a volatilidade externa do petróleo para o mercado interno, é fator que reduz a influência estatística observada. Considerando este cenário, a volatilidade dos preços do petróleo pode impactar a viabilidade econômica e os investimentos no setor de biocombustíveis.

TABELA 1 - TESTES DA RELAÇÃO ENTRE A PRODUÇÃO NACIONAL DE BIOCOMBUSTÍVEIS E PREÇOS INTERNACIONAIS DE COMMODITIES

INDICADOR	PETRÓLEO BRENDT	AÇÚCAR
Correlação contemporânea	0,156	0,003
Correlação contemporânea (diferença)	-0,078	-0,070
Teste de Granger com 3 defasagens	2,40 (0,068)	1,129(0,338)
Teste de Granger com 3 defasagens (diferença)	2,00 (0,114)	1,568(0,198)

Fonte: AECON/INPI



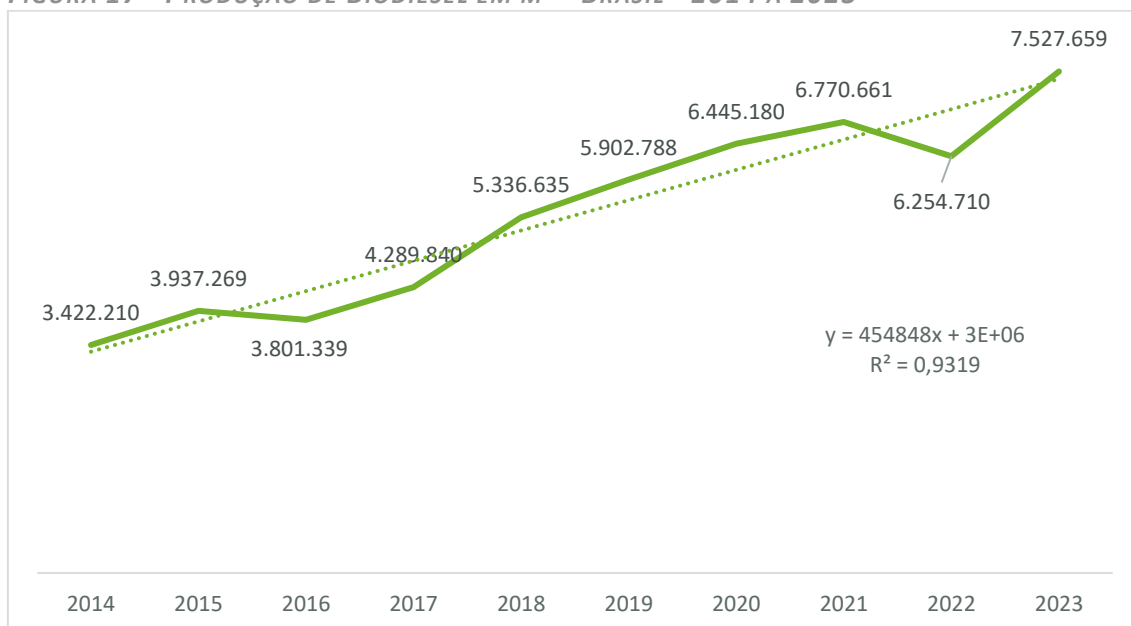
1.1.3 O biodiesel

O biodiesel é um combustível renovável obtido a partir de processo químico denominado transesterificação. Por meio desse processo, os triglicerídeos presentes nos óleos e gordura animal reagem com um álcool primário, metanol ou etanol, gerando dois produtos: o éster e a glicerina. O primeiro somente pode ser comercializado como biodiesel, após passar por processos de purificação para adequação à especificação da qualidade, sendo destinado principalmente à aplicação em motores de ignição por compressão (ciclo diesel). (ANP)

O biodiesel é o segundo biocombustível mais relevante para a economia brasileira, embora sua inserção em nossa matriz produtiva seja relativamente recente. Na década de 1970, foi lançado o Plano de Produção de Óleos Vegetais para Fins Energéticos (Pró-óleo). Contudo, ao contrário do Proálcool, esse programa não alcançou grandes avanços na época. Somente em 1998, com a publicação da Portaria 180 pela ANP, que se iniciam testes e pesquisas mais aprofundadas em combustíveis alternativos. Em 2002, o Ministério da Ciência e Tecnologia instituiu o Programa Brasileiro de Desenvolvimento Tecnológico do Biodiesel (Probiobiodiesel), consolidando esforços de pesquisa e inovação. Já em 2008, deu-se início a adição do biodiesel ao diesel fóssil, com uma mistura de 2% (MILANEZ *et al.*, 2022).

O aumento gradual da mistura de biodiesel e sua recente integração à economia brasileira têm impulsionado uma curva da produção ascendente (**Figura 17**). A taxa média de crescimento nos últimos dez anos tem sido de 454.848 m³ ao ano, destacando o potencial econômico deste biocombustível.

FIGURA 17 - PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM M³ - BRASIL - 2014 A 2023

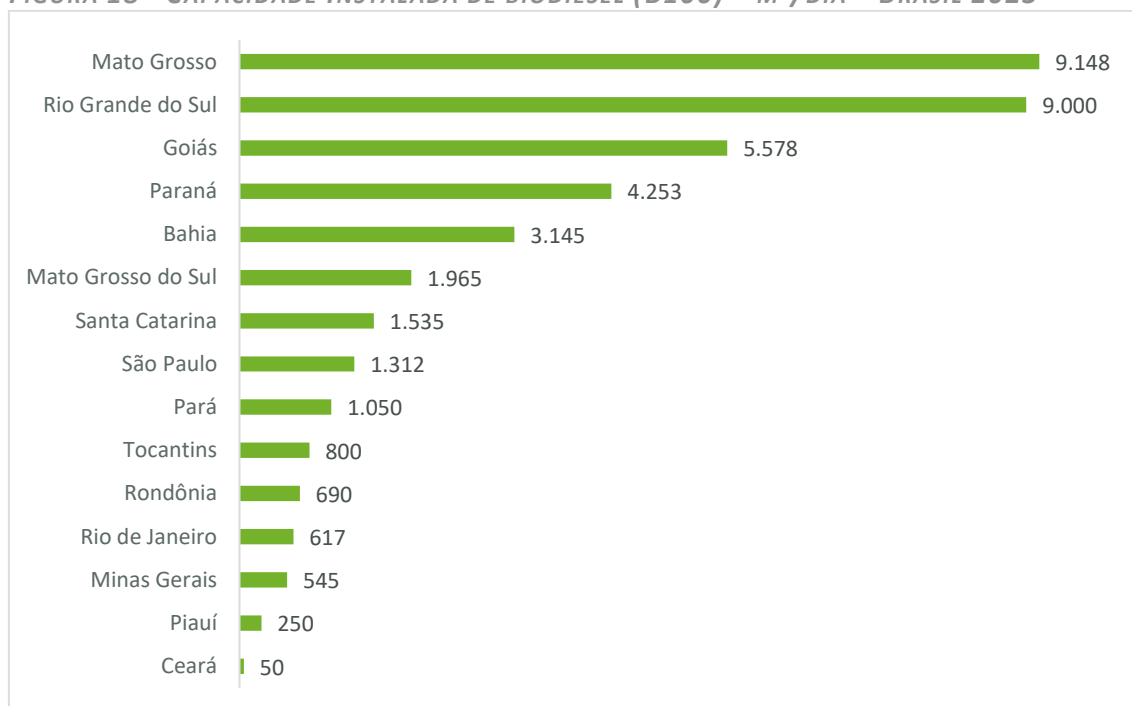


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.



A **Figura 18** ilustra a distribuição espacial da atual capacidade instalada em biodiesel no Brasil. Diferentemente do bioetanol, a produção de biodiesel apresenta uma dispersão mais equilibrada em todo o território nacional. Mato Grosso e Rio Grande do Sul concentram 45,4% da capacidade instalada, menos do que a participação de São Paulo em bioetanol. Além disso, a produção de biodiesel é geograficamente mais diversificada, com unidades instaladas em todos os estados das Regiões Sul, Centro-Oeste, além de três dos quatro estados do Sudeste. No entanto, as Regiões Norte e Nordeste ainda possuem uma capacidade instalada relativamente modesta em relação ao biodiesel.

FIGURA 18 - CAPACIDADE INSTALADA DE BIODIESEL (B100) – M³/DIA – BRASIL 2023

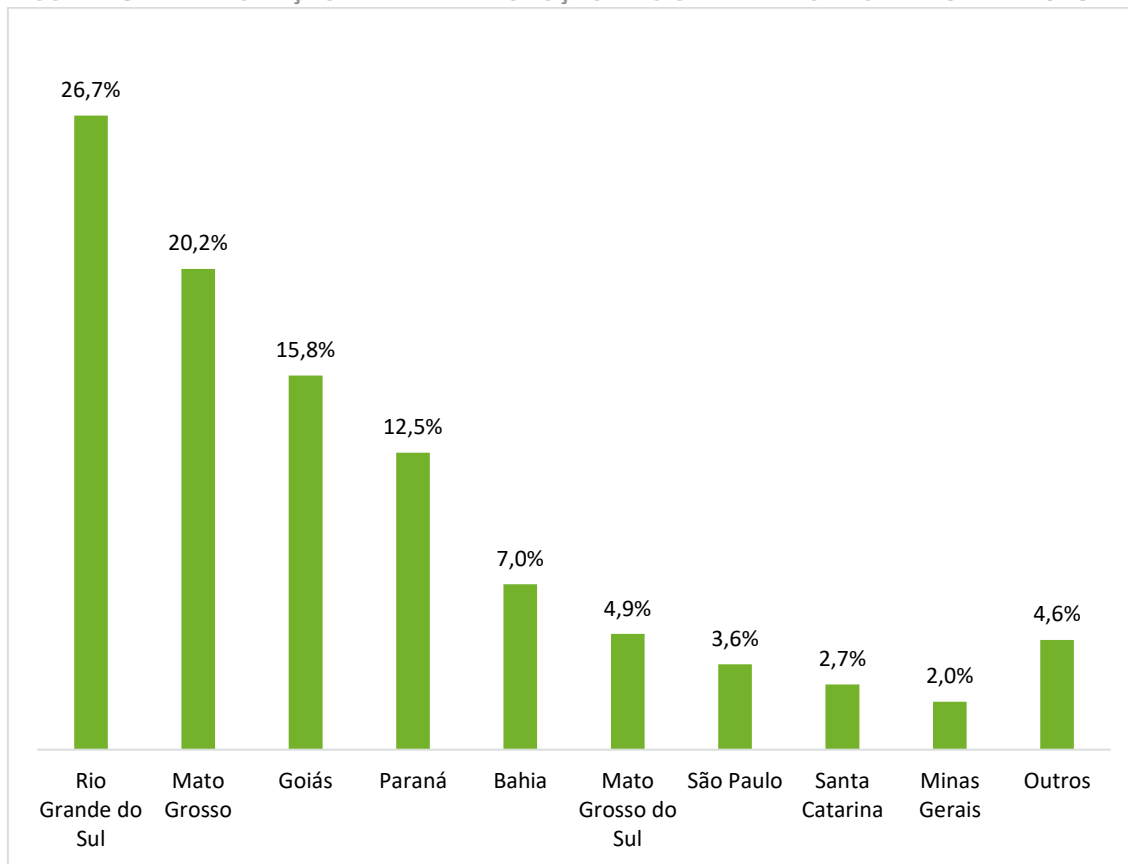


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

A **Figura 19** complementa essa análise, mostrando a distribuição da produção efetiva entre os estados. Os dados confirmam a dispersão espacial da capacidade instalada e revelam que o Rio Grande do Sul tem se destacado com a maior utilização de sua capacidade instalada.



FIGURA 19 - PARTICIPAÇÃO MÉDIA NA PRODUÇÃO NACIONAL DE BIODIESEL – 2014 A 2023

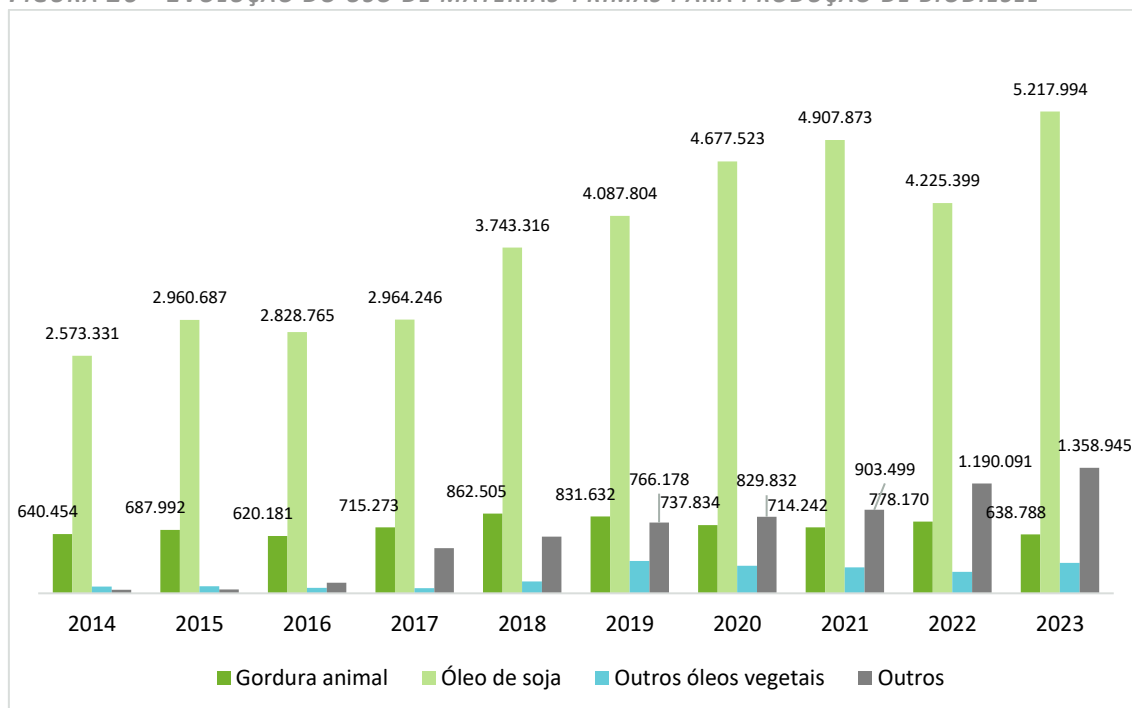


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

No Brasil, a principal matéria-prima para a produção do biodiesel é a soja, com participação de 72,11% (**Figura 20**). Essa predominância se deve à ampla disponibilidade do grão no país, que figura entre os maiores produtores mundiais da *commodity* (MILANEZ *et al.*, 2022). A maior distribuição geográfica da produção do biodiesel deve-se, em parte, à maior distribuição da cultura da soja no território nacional, que se estende desde a Região Sul do país até o Centro-Oeste, e o MATOPIBA⁶, com forte ocupação no cerrado. Produzir o biodiesel a partir da soja traz benefícios significativos, como agregação de valor ao grão e a redução de custos logísticos relacionados ao escoamento da produção. Segundo Chagas (2012), a soja apresenta diversas vantagens para sua adoção como principal matéria-prima no Brasil: i) possui uma cadeia produtiva estruturada e moderna; ii) o país domina a tecnologia de produção, com contínuos avanços tecnológicos aplicados à agricultura; iii) conta com uma sólida rede de pesquisa voltada para essa cultura; iv) possibilita retorno em curto prazo, com safra anual de aproximadamente 5 meses; e v) seus coprodutos têm elevado valor comercial.

⁶ MATOPIBA é o acrônimo de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, estados que possuem parte de sua área cobertos pelo Cerrado e onde a produção de grãos (soja, milho e arroz) tem se difundido nos últimos anos.

FIGURA 20 - EVOLUÇÃO DO USO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

De forma simplificada, o processo produtivo do biodiesel envolve a combinação de uma fonte de óleo com bioetanol ou metanol. O crescimento da produção de biodiesel está diretamente correlacionado ao aumento do consumo de metanol, que passou de 379.952 m³, em 2014, para 842.830 m³ em 2023, com perfil de curva semelhante ao da produção do biodiesel. O crescimento do consumo de metanol no período foi de 121,8%, enquanto o crescimento do consumo de bioetanol foi de 25,4% no mesmo período, indicando que a produção de biodiesel nacional está utilizando o metanol como matéria-prima.

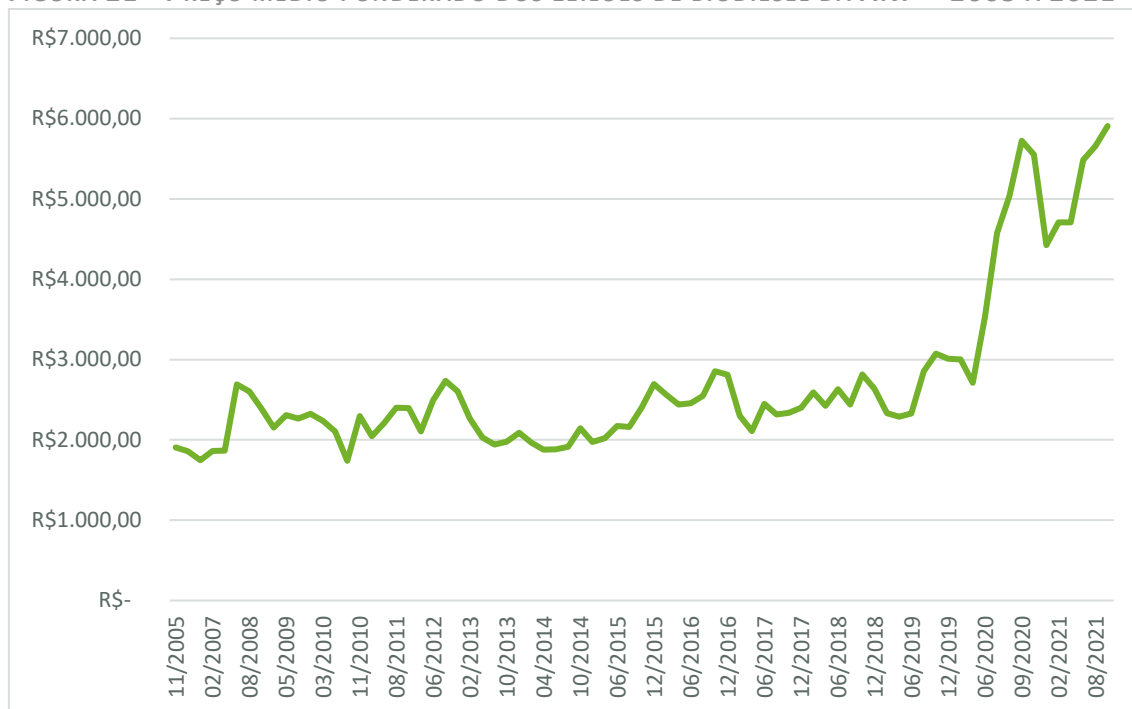
Para a obtenção do biodiesel de soja, o início do processo implica na extração do seu óleo. O principal coproduto da produção do biodiesel é a glicerina, que precisa ser separada porque sua queima em conjunto com o biodiesel exala gases tóxicos. A glicerina gerada como coproduto era de 311.826 m³ em 2014, atingindo 644.359 de m³ em 2023. Assim como o metanol, o perfil da curva é similar ao da produção de biodiesel. A depender da matéria-prima, outros coprodutos são obtidos. No caso específico da soja, destacam-se a proteína e o farelo (CHAGAS, 2012). A forte integração da produção do biodiesel com a cadeia produtiva da soja é mote de estudo estimativo do PIB desta cadeia integrada, que encontrou o valor de R\$ 637,7 bilhões envolvendo desde os insumos e serviços agrícolas até o processo produtivo do biodiesel em si (CEPEA & ABIOVE, 2023).

Chagas (2012) aponta que os altos custos de produção do biodiesel e seu perfil distinto a uma *commodity* fazem com que seja necessária forte indução estatal para a sua disseminação como alternativa a combustíveis fósseis. Como já destacado, o Brasil vem aumentando o volume de biodiesel acrescentado do diesel de origem fóssil. Além disto, a comercialização passa pela realização de leilões por parte da ANP. Os dados apresentados na **Figura 21** mostram os preços médios ponderados nos leilões de biodiesel, com um comportamento cíclico interrompido em



2020, quando houve expressivo aumento nos preços. Esse salto pode ser parcialmente atribuído ao incremento da mistura de biodiesel, o B10 em 2018, bem como a mudanças na política de preços da Petrobras, que alinhou os preços de derivados às cotações internacionais.

FIGURA 21 - PREÇO MÉDIO PONDERADO DOS LEILÕES DE BIODIESEL DA ANP – 2005 A 2021



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.⁷

MILANEZ *et al.* (2022) compilaram os percentuais de adição de biodiesel ao diesel com base em dados da ANP e em resoluções do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), obtendo a **Tabela 2**. Com os dados desta tabela, da produção de biodiesel no Brasil apresentados na **Figura 17**, e do crescimento real do PIB brasileiro, foi realizada regressão linear múltipla para verificar a influência das alterações da taxa de mistura na produção.⁸ Como resultado, estima-se que para cada ponto adicional da mistura há aumento médio na produção de 508.544 m³. Este resultado e o crescimento médio anual relatado na figura apontam a relevância da ação normativa e reguladora do Estado na geração da demanda pelo biocombustível e seu impacto na ampliação da produção de biodiesel no Brasil.

⁷ O leilão nº 61 teve valor imputado pela média dos leilões próximos, dado que os valores que constam no Anuário Estatístico são incompatíveis com os dados observado em toda a série.

⁸ O R² ajustado desta regressão foi de 0,7632, com teste de Durbin Watson de autocorrelação dos resíduos de 1,76, não rejeitando a hipótese nula de resíduos autocorrelacionados. O PIB não foi estatisticamente significativo, mas mantido na regressão para que a qualidade dos resíduos fosse mantida.



TABELA 2 - EVOLUÇÃO DO TEOR DE MISTURA DO BIODIESEL

Jan/ 2008	Jul/ 2008	Jul/ 2009	Jan/2 010	Ago/ 2014	Nov/ 2014	Mar/ 2017	Mar/ 2018	Mar/ 2019	Mar/ 2020	Mar/ 2021	Dez/ 2021
2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	10%	11%	12%	13%	10%

Fonte: (MILANEZ et al., 2022)

1.1.4 O biometano

O biometano é um biocombustível gasoso obtido a partir do processamento do biogás. Por sua vez, o biogás é originário da digestão anaeróbica de material orgânico (decomposição por ação das bactérias), composto principalmente de metano e dióxido de carbono (CO₂). (ANP)

O biometano pode ser utilizado para geração de energia elétrica, injeção na rede de gás natural e produção de calor (como na geração de vapor e em fornos industriais). Apesar de suas diversas aplicações, dentre os biocombustíveis disponíveis no Brasil o biometano é um dos menos explorados. A **Tabela 3** apresenta a capacidade de processamento de matérias-primas para a produção do biometano nos últimos 4 anos, com base em dados da ANP. A literatura destaca uma ampla variedade de matérias-primas utilizadas para sua produção, incluindo: i) resíduos sólidos urbanos; ii) esgoto sanitário; iii) resíduos agrícolas, como bagaço da cana-de-açúcar, lixívia, cascas de arroz, sebos ou gorduras animais, além de resíduos vegetais, como palhas de soja e milho, cascas de café e restos de coco, feijão, amendoim, mandioca, cacau, entre outros (LEMOS *et al.*, 2024).

Os dados da **Tabela 3** indicam que apenas três estados, Ceará, Rio de Janeiro e São Paulo, possuem registros de produção de biometano. Destes, apenas o estado de São Paulo apresenta crescimento da capacidade instalada para processamento desse biocombustível. Lemos *et al.* (2024) afirmam que o Brasil utiliza apenas 1,5% do potencial nacional de exploração desta fonte energética, evidenciando oportunidade significativa de expansão.

Esses números sugerem que, apesar do vasto leque de matérias-primas disponíveis e do potencial energético do biometano, a infraestrutura para sua produção ainda é incipiente e concentrada geograficamente. O subaproveitamento do potencial de produção desse biocombustível no país indica que há espaço para uma maior exploração do biometano como uma fonte sustentável de energia, contribuindo para o desenvolvimento e a diversificação da matriz energética brasileira.



TABELA 3 - CAPACIDADE DE PROCESSAMENTO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIOMETANO (M³/DIA)

Ano	CE	RJ	SP	Brasil
2020	300.000	510.672	0	810.672
2021	300.000	510.672	60.000	870.672
2022	300.000	510.672	111.600	922.272
2023	300.000	510.672	195.600	1.006.272

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

LEMOS et al. (2024) indicam que, em 2022, o Brasil contava com 811 plantas de biogás, das quais 755 estavam em operação. No entanto, a maioria dessas unidades é de pequeno porte. Apenas 51 plantas são classificadas como de grande porte, e somente 10 realizam a purificação do biogás para o convertê-lo em biometano. Destas, apenas 6 possuem autorização junto à ANP para operar.

A **Tabela 4** apresenta a evolução recente da produção efetiva de biometano. Entre 2020 e 2023 houve um crescimento de 107,2%, um aumento grande, porém sobre uma base de cálculo relativamente pequena. O Rio de Janeiro se destaca, respondendo por 56,9% da produção nacional registrada na ANP, acima dos 50,7% de participação na capacidade instalada nacional.

Grande parte da produção registrada pela ANP é derivada do processamento de resíduos urbanos (lixo e esgoto sanitário). Embora o setor apresente um crescimento expressivo, ele ainda enfrenta desafios estruturais que limitam seu potencial de expansão, especialmente em termos de infraestrutura e eficiência logística envolvendo acesso à matéria-prima e ao escoamento da produção. Isto porque a maneira mais racional de escoar a produção é com o uso de gasodutos.

TABELA 4 - PRODUÇÃO DE BIOMETANO (M³)

ANO	CE	RJ	SP	BRASIL
2020	24.792.109	11.351.327	0	36.143.436
2021	24.591.697	28.451.724	0	53.043.421
2022	28.662.465	36.909.685	1.109.747	66.681.897
2023	25.657.793	42.610.088	6.617.911	74.885.792

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

A **Tabela 5** mostra o volume de matérias-primas utilizadas na produção de biometano. Ao comparar esses dados com os da **Tabela 3**, é possível estimar o grau de utilização da capacidade instalada, que está em torno de 60,7%. No entanto, há uma disparidade significativa entre os estados, enquanto no Rio de Janeiro a utilização está próxima a 84%, em São Paulo ela não atinge os 15%. Alta ociosidade produtiva afeta negativamente a rentabilidade dos investimentos, desestimulando novos projetos voltados para a produção e comercialização desse biocombustível.

**TABELA 5 - VOLUME PROCESSADO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO DE BIOMETANO (M³)**

Ano	CE	RJ	SP	Brasil	Utilização
2020	51.639.671	72.197.326	0	123.836.997	41,9%
2021	53.494.685	136.247.329	0	189.742.014	59,7%
2022	61.661.094	151.253.140	1.759.617	214.673.851	63,8%
2023	56.796.115	155.748.536	10.495.572	223.040.223	60,7%

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

1.1.5 Outros biocombustíveis

Além do bioetanol, do biodiesel e do biometano existem outros tipos de biocombustíveis cuja produção ainda não é grande a ponto de existirem estatísticas na ANP sobre os mesmos. Entre eles podemos citar o bioquerosene, o biometanol, os combustíveis sólidos, o diesel verde e o biohidrogênio. Dois destes biocombustíveis serão tratados pontualmente neste estudo, seja por estarem presentes nos temas de pesquisas, ações de financiamento e/ou nos pedidos de patentes em biocombustíveis, seja por existir legislação recente tratando dos mesmos: o bioquerosene ou SAF (do inglês *sustainable aviation fuel*) e o diesel verde.

A legislação brasileira define o bioquerosene de aviação com “*substância derivada de biomassa renovável que pode ser usada em turborreatores e turbopropulsores aeronáuticos ou, conforme regulamento, em outro tipo de aplicação que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil*” (Lei nº 9.487 de 1997). Segundo resolução ANP 856/2021 existem sete rotas tecnológicas alternativas para a produção deste biocombustível.

Já a resolução ANP 842/2021 define o diesel verde como: “*biocombustível que atende às especificações técnicas contidas no Anexo desta Resolução, composto por hidrocarbonetos parafínicos, destinado aos motores do ciclo Diesel, produzido pelas rotas indicadas no art. 2º, ou autorizado nos termos do § 1º do art. 2º, a partir de matérias-primas exclusivamente derivadas de biomassa renovável*”. As especificações técnicas citadas implicam que o diesel verde possua as mesmas características químicas do diesel. Nesta mesma resolução são elencadas cinco rotas tecnológicas para a fabricação deste biocombustível.

1.2 Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio)

A Lei nº 13.576 de 26 de dezembro de 2017 instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis, conhecida como RenovaBio. De forma simplificada, o RenovaBio estabelece um mercado de certificados de descarbonização (CBIOS) que gera uma fonte adicional de receita para os produtores de biocombustíveis, ao mesmo tempo que cria um mercado de venda mais previsível e estável. Esse mecanismo busca, em última instância, estimular os investimentos na produção, comercialização e uso de biocombustíveis, induzindo ganhos de eficiência energética e de redução de emissões de GEE. O RenovaBio alinha-se às metas nacionais de redução de



emissões de CO₂, contribuindo para que o Brasil cumpra seus compromissos no âmbito do Acordo de Paris.

O RenovaBio define metas anuais de descarbonização, que são desdobradas para as distribuidoras de combustíveis fósseis proporcionalmente à sua participação no mercado. Para cumprir essas metas, tais empresas são obrigadas a adquirir CBIOS e, posteriormente, "aposentá-los" (retirá-los de circulação), atestando a redução efetiva de emissões.

O processo de emissão dos CBIOS começa com a certificação dos produtores de biocombustíveis por meio de empresas especializadas. Essas empresas utilizam a ferramenta RenovaCalc, que avalia a eficiência energética de cada unidade produtiva. A certificação considera variáveis como o tipo de biocombustível, o método de produção e a logística de distribuição, aplicando o conceito de análise do ciclo de vida completo, conhecido como "do poço à roda" ou "do campo à roda". Esse método inclui todas as etapas da cadeia de suprimentos, desde a produção até o consumo final.

A eficiência energética comprovada através do RenovaCalc permite que os produtores certificados emitam CBIOS proporcionalmente ao volume comercializado e ao grau de eficiência de suas operações. Os certificados são negociados em mercado financeiro, permitindo a participação de investidores e aumentando a liquidez. Isso possibilita que os produtores de biocombustíveis obtenham receita adicional antes mesmo das distribuidoras de combustíveis fósseis cumprirem suas obrigações regulatórias.

A **Tabela 6** apresenta o número de certificações por ano e por tipo de combustíveis a partir de 2020. O primeiro ano reflete a entrada inicial dos produtores no mercado criado pelo RenovaBio, com uma quantidade significativa de certificações. Nos anos subsequentes, houve uma redução no número de novas certificações, o que não indica necessariamente um menor engajamento das empresas, mas sim a estabilização do mercado após a fase inicial de adesão.

Até o final de 2023, havia 328 unidades produtivas registradas e aptas a emitir CBIOS. A grande maioria (88,1%) dessas unidades correspondia a produtores de bioetanol, seguidos por 10,7% de biodiesel e apenas 0,9% de biometano. Esses números refletem a predominância do bioetanol como o principal biocombustível no Brasil, mas também indicam um potencial inexplorado para a expansão de outras fontes, como o biometano, que ainda é pouco representado.

A emissão de CBIOS cresceu 84,5% entre os anos de 2020 e 2023. Considerando que este é um mercado recém-criado, o volume é grande. Um CBIO equivale à redução de emissão de uma tonelada de CO₂. Em sete de novembro de 2024, o CBIO estava sendo negociado a R\$ 83,50. A emissão de 2023 equivale a R\$ 2.047.060.616,00 a preços de novembro. O bioetanol respondeu por 84,24%, menos do que a participação no número de credenciados. Combinando os dados das **Tabelas 7 e 6**, nota-se que em 2023 houve emissão de 100.611 CBIOS por credenciado em bioetanol e 149.620 em biodiesel.

**TABELA 6 - NÚMERO DE CERTIFICAÇÕES DENTRO DO ESCOPO DO RENOVABIO**

ANO	Biodiesel	Biometano	Bioetanol	Total
2020	18	1	213	232
2021	8	2	53	63
2022	3	0	15	18
2023	6	1	8	15
Total	35	3	289	328

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

TABELA 7 - EMISSÃO DE CBIOS

ANO	Biodiesel	Biometano	Etanol	Total
2020	2.832.529	48.729	15.829.951	18.711.209
2021	4.409.477	96.616	26.265.108	30.771.201
2022	4.493.392	140.889	26.803.911	31.438.192
2023	5.236.730	202.299	29.076.667	34.515.696

Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP – Anuário Estatístico.

A análise dos dados sugere que, embora o RenovaBio tenha criado um incentivo robusto para a produção de biocombustíveis, há espaço para diversificar as fontes energéticas e ampliar a participação de outras alternativas sustentáveis, como o biometano. Além disso, a participação do mercado financeiro na negociação dos CBIOS aponta para um modelo que pode contribuir significativamente para a descarbonização do setor de transportes, incentivando uma transição energética mais acelerada e alinhada com os compromissos climáticos do Brasil.

1.3 Medidas legislativas recentes

Em outubro de 2024 foi sancionada a Lei 14.993/2024, também conhecida como “Combustível do Futuro”. Esta lei institui três novos programas, a saber: i) o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), ii) o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e iii) o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano. Além disto, amplia limites de adição de bioetanol e biodiesel na gasolina e diesel, respectivamente; estabelece critérios para captura e estocagem de CO₂ e de combustíveis sintéticos; e ajusta quatro programas já existentes na temática de biocombustíveis, destacando-se o RenovaBio e o Mover.

No tocante aos ajustes dos programas existentes, a Lei do Combustível do Futuro estabelece que a análise das medidas deverá seguir o critério “do poço à roda”⁹ até 31 de

⁹ Nos termos da lei: “ciclo do poço à roda: ciclo de vida que contabiliza as emissões de GEE oriundas dos processos de cultivo e extração de recursos e da produção dos combustíveis líquidos ou gasosos ou da energia elétrica, sua distribuição e utilização em veículos leves e pesados de passageiros e comerciais”



dezembro de 2031, quando deverão ser alteradas para o critério “do berço ao túmulo”¹⁰. Estabelecer estes critérios alinha o Brasil a um conceito que busca evitar a mudança do uso da terra e que reduz a produção de alimentos provocado pelos biocombustíveis. Cumpre ressaltar que a incorporação destes conceitos na Lei carecerá de resposta em termos de pesquisa científica aplicada. Além disto, será necessária a adaptação dos fabricantes de veículos às regras de emissão, que serão ajustadas ao novo marco legal. Tais adaptações são objeto de P&D na área dos motores, e mostra preocupação do Estado brasileiro em manter o país como referência na transição energética.

O acréscimo da adição de biocombustíveis na gasolina e no diesel são fator importante para a manutenção dos mercados consumidores. Como destacado anteriormente, a flutuação do preço do petróleo, ao aumentar a volatilidade de preços, tende a desestimular investimentos produtivos e de pesquisa em biocombustíveis. Atualmente há, inclusive, excesso de capacidade instalada em alguns tipos de biocombustíveis, como já apresentado. Deste modo, a legislação irá contribuir para a manutenção dos investimentos de biocombustíveis.

Em janeiro de 2025 foi sancionada a Lei 15.103/2025, que institui o Programa de Aceleração da Transição Energética (Paten). O Paten ainda carece de decretos complementares para sua operacionalização, mas a lei já apresenta diretrizes relevantes. Por se tratar de transição energética, o programa vai além da temática de biocombustíveis. Entre seus objetivos, destaca-se: *“I - fomentar o financiamento de projetos de desenvolvimento sustentável, especialmente aqueles relacionados a infraestrutura, a pesquisa tecnológica e a desenvolvimento de inovação tecnológica”*; e *“IV - promover a geração e o uso eficiente da energia de baixo carbono por meio de projetos sustentáveis alinhados aos compromissos de redução de emissão de gases de efeito estufa assumidos pelo Brasil, com especial atenção ao potencial mitigador da utilização de tecnologias de geração de energia a partir da recuperação e da valorização energética de resíduos”*.

A lei aponta ainda os setores prioritários. Entre eles: *“I - desenvolvimento de tecnologias e produção de combustíveis que reduzam a emissão de gases de efeito estufa”*; *“II - expansão e modernização da geração e da transmissão de energia solar, eólica, nuclear, de biomassa, de gás natural, de biogás e biometano, de centrais hidrelétricas de qualquer capacidade instalada e de outras fontes de energia renovável, inclusive em imóveis rurais”*; *“IV - desenvolvimento de projetos de recuperação e valorização energética de resíduos”*; *“IX - descarbonização da matriz de transporte”*; e *“XI - desenvolvimento de projetos que incentivem a fabricação, a comercialização, a aquisição e a utilização de veículos pesados e máquinas agrícolas e de outros veículos movidos a gás natural veicular e biometano, assim como a conversão ou substituição de motores a diesel circulantes para gás natural veicular e biometano, além dos demais combustíveis referidos no inciso I deste parágrafo”*.

Com estas diretrizes o Paten possui potencial de trazer novas fontes de financiamento para P&D em biocombustíveis, principalmente se conseguir ampliar ainda mais a colaboração já existente entre empresas e o meio acadêmico.

¹⁰ Nos termos da lei: *“ciclo do berço ao túmulo: ciclo de vida que considera as emissões de GEE incorporadas no ciclo do poço à roda, acrescidas daquelas geradas desde a extração de recursos e na fabricação de autopeças, na montagem e no descarte dos veículos leves e pesados de passageiros e comerciais”*.



1.3.1 Sustainable Aviation Fuel – SAF¹¹

O que está disposto na Lei 14.993 sobre o combustível de aviação amplia papéis de duas agências: a ANP e a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil). O desenvolvimento de padrões de qualidade e de cômputo da redução de emissões fica a cargo da ANP, enquanto que a ANAC tratará dos controles sobre o cumprimento das metas por parte das empresas de aviação. Tanto a ANAC quanto a ANP deverão colaborar com agências internacionais tendo em vista, além da redução da emissão de carbono, questões de segurança de voo e de padronização internacional dos combustíveis, dadas as características do setor de transporte aéreo.

1.3.2 Diesel Verde¹²

O Art. 12 da Lei 14.993 estabelece que: “O Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) tem como objetivo incentivar a pesquisa, a produção, a comercialização e o uso energético do diesel verde, estabelecido em regulamento da ANP, na matriz energética brasileira.” O Diesel Verde adota rota tecnológica distinta do biodiesel e possui características que permitem sua substituição ao Diesel de origem fóssil de forma direta, (MILANEZ et al. 2022) apresentando menos problemas para armazenagem e não exigindo ajustes no funcionamento dos motores.

¹¹ A sigla SAF se refere a “combustível sustentável de aviação” (do inglês *Sustainable Aviation Fuel*)

¹² Também conhecido como HVO, do inglês *Hydroreated Vegetable Oil*, é um combustível renovável similar ao Diesel.



Capítulo 2. P&D&I em biocombustíveis no Brasil

O objeto de análise neste capítulo é a atividade pesquisa e desenvolvimento e inovação (P&D&I) no Brasil dentro da temática de biocombustíveis. Dado que o agronegócio constitui uma das potencialidades da economia brasileira, contexto este em que a produção de biocombustíveis está inserida, observa-se horizonte de grande potencial para que a produção agrícola e seu processamento cresça em importância caso a transição energética nacional seja baseada em biocombustíveis. Para que a geração desta riqueza maximize os ganhos sociais é importante que o país crie e domine as tecnologias envolvidas em toda a cadeia produtiva, ou, no jargão dos combustíveis, “do poço à roda”. Toda pesquisa tecnológica passa por diversas fases de maturidade. Para garantir que o Brasil se mantenha relevante, como observado nas **Figuras 1 a 4** do capítulo anterior, e que o valor agregado à produção de biocombustíveis permaneça em sua maior parte no país, é importante também que as pesquisas consigam ganhar maturidade a ponto de se transformarem em inovações adotadas pelo sistema produtivo nacional.

O contexto da pesquisa nacional é abordado a partir de três frentes de análise: i) os grupos de pesquisa cadastrados no CNPq; ii) a produção acadêmica nacional indexada na “*Web of Science*”; e iii) as pesquisas financiadas dentro do marco regulatório da ANP. Estas três vertentes de informações são enriquecidas pelo resultado da pesquisa qualitativa realizada por meio de entrevistas semiestruturadas junto a pesquisadores, detentores de patentes, empresas, associações de classe e gestores de órgãos federais que lidam com biocombustíveis.

2.1 Cenário acadêmico nacional: grupos de pesquisa cadastrados no CNPq

Silva & Pinheiro (2014) afirmam que “a organização das comunidades científicas em grupos de pesquisa, conforme orientação do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), permitiu a sistematização das atividades de pesquisa, o que provavelmente tem contribuído para o incremento da produção científica do país verificado nos últimos anos.” A CAPES contribui para que a lógica dos grupos de pesquisa seja adotada no Brasil, uma vez que seu sistema de avaliação e de credenciamento de cursos analisa os grupos de pesquisa envolvidos. Em outros termos, a estrutura de incentivos de boa parte do financiamento da pesquisa no Brasil estimula a formação de grupos de pesquisa e, em alguns momentos, a criação de redes de colaboração entre os grupos e a relação dos grupos com empresas.

Para este estudo foi utilizado o Censo dos Grupos de Pesquisa de 2023, que reúne dados do período 2017 a 2023. A partir dos microdados do censo procedeu-se a filtragem de quais grupos seriam analisados. As seguintes palavras-chave foram usadas como filtro: ‘biocombustíveis’, ‘etanol’, ‘biodiesel’, ‘biometanol’, ‘bioquerosene’ e ‘metanol’. Quando o filtro foi aplicado nos nomes dos grupos de pesquisa, houve resgate de 35 grupos. Já quando se

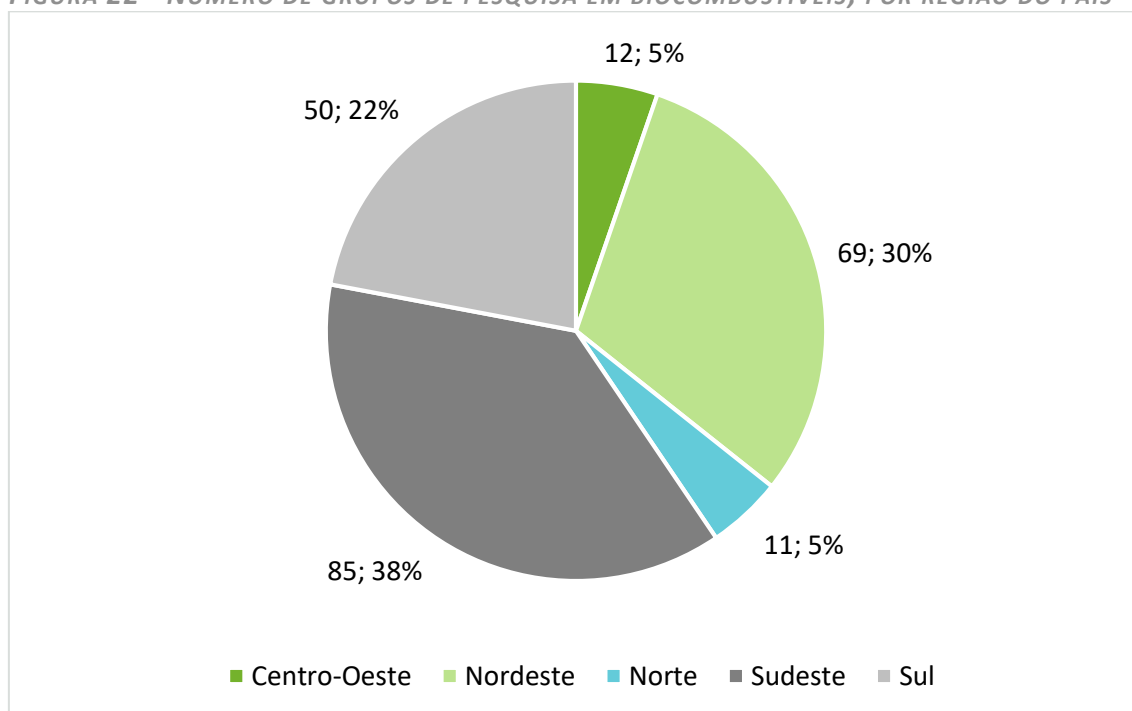


aplicou o filtro sobre o nome das linhas de pesquisa, o resultado foi de 218 grupos. A listagem obtida a partir de ambos os procedimentos foi unificada e, em seguida, excluídas as redundâncias. Assim, como resultado final, resultaram 227 grupos de pesquisa que citam uma das palavras-chave (ou no próprio nome do grupo, ou no nome de alguma linha de pesquisa).

A **Figura 22** apresenta a distribuição dos grupos nas regiões brasileiras. O eixo Sudeste/Sul responde por 59,47% dos grupos identificados. Há uma relativa coincidência das regiões que centralizam a produção de bioetanol e biodiesel com as que sediam grupos de pesquisa, pois 47,5% da produção de biodiesel, 55,5% do bioetanol hidratado e 66,2% do bioetanol anidro são fabricados nestas regiões. A participação do Nordeste nos grupos de pesquisa, de 30%, é superior à sua produção, pois responde por 7,0% do biodiesel, 3,8% do bioetanol hidratado e 6,0% do bioetanol anidro. A Região Centro-Oeste, por sua vez, é sub representada em grupos de pesquisa frente sua produção, pois detém 5% dos grupos de pesquisa e 40,9% da produção de biodiesel, 38,6% da produção de bioetanol hidratado e 24,5% do bioetanol anidro.

Em 13,2% das linhas de pesquisa dos grupos selecionados são citadas uma das palavras chave. Em outros termos, na maioria das linhas de pesquisa não se citam palavras diretamente ligadas a biocombustíveis. Isto é sinal de que muitas vezes o tema “biocombustíveis” é abordado de forma complementar aos objetivos centrais dos grupos de pesquisa.

FIGURA 22 - NÚMERO DE GRUPOS DE PESQUISA EM BIOCOMBUSTÍVEIS, POR REGIÃO DO PAÍS



Fonte: Censo dos Grupos de Pesquisa 2023, CNPQ.

Além do recorte espacial, o diretório dos grupos de pesquisa relacionados ao setor de biocombustíveis permite a análise do número de doutores e sua área predominante. Estes dados estão explicitados na **Tabela 8**. A maior parte dos doutores (49,8%) pertence a grupos de pesquisa nas áreas de química e engenharia química. No Sudeste, há destaque para metalurgia,



a área que mais possui doutores, fugindo ao padrão nacional médio. Destaque-se que apenas 5,1% dos doutores estão em grupos de pesquisa da área de agronomia, concentrados nas Regiões Centro-Oeste e Nordeste.

A pesquisa acadêmica em biocombustíveis repete o conjunto da pesquisa acadêmica nacional, com a grande maioria dos grupos de pesquisa (90,7%) estando subordinados às universidades públicas, reflexo da estrutura de incentivos e financiamentos à pesquisa acadêmico-científica no Brasil¹³. Este cenário de intensa concentração da pesquisa acadêmico-científica no âmbito das universidades públicas constitui um desafio para que o conhecimento científico e tecnológico ali gerado seja aplicado em soluções práticas que beneficiam a sociedade, haja vista as dificuldades associadas à consecução da transferência das tecnologias originadas no meio acadêmico para o setor produtivo, a despeito de todos avanços regulatórios ocorridos no País nas últimas décadas¹⁴ (Tabela 9).

TABELA 8 - NÚMERO DE DOUTORES SUBORDINADOS A GRUPOS DE PESQUISA COM A TEMÁTICA ALVO, POR ÁREA PREDOMINANTE DO GRUPO DE PESQUISA E POR REGIÃO DO PAÍS

Área Predominante	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Total Geral
Química	90	268	12	137	177	684
Engenharia Química		131	26	194	127	478
Engenharia Mecânica		110		144	22	276
Engenharia de Materiais e Metalúrgica		2	13	202	14	231
Agronomia	41	45	5	12	16	119
Bioquímica		22		64	17	103
Engenharia de Energia	32			10	30	72
Recursos Florestais e Engenharia Florestal			12	47		59
Outras	18	67	22	130	76	313
Total	181	645	90	940	479	2.335

Fonte: Censo dos Grupos de Pesquisa 2023, CNPQ.

TABELA 9 - NÚMERO DE GRUPOS DE PESQUISA COM A TEMÁTICA ALVO, POR CATEGORIA ADMINISTRATIVA E REGIÃO

Categoria Administrativa	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Total Geral	
Ensino Superior Privado			1	7	7	15	
Ensino Superior Público		11	68	11	74	42	206
Outros		1		4	1	6	
Total		12	69	11	85	50	227

Fonte: Censo dos Grupos de Pesquisa 2023, CNPQ.

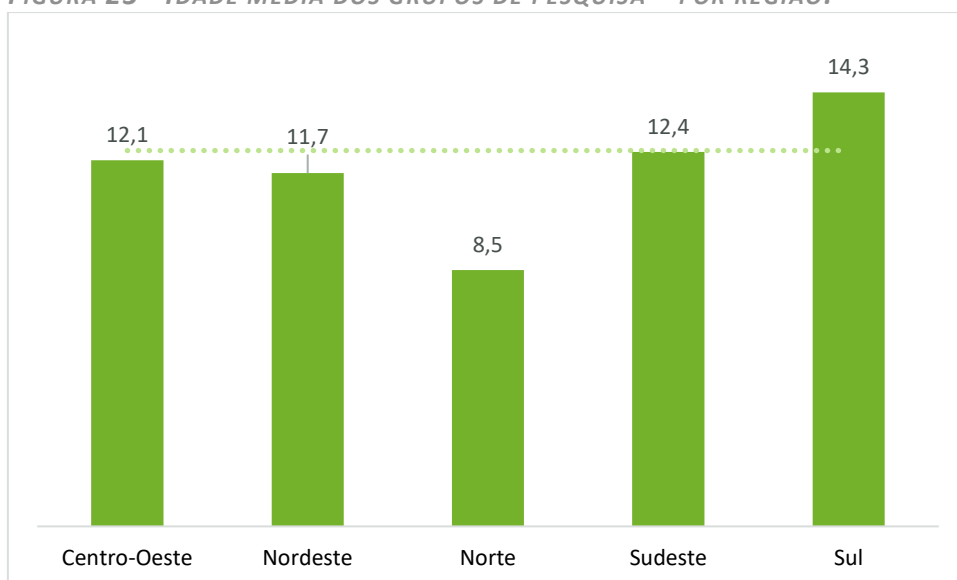
¹³ 42 das 50 melhores universidades brasileiras segundo o ranking da Times Higher Education são públicas.

¹⁴ Sobre a questão da transferência de tecnologia de universidades públicas para a iniciativa privada consulte-se Garnica & Torkomian (2009) e Nunes (2017).



Há diferença de maturidade e longevidade nos grupos de pesquisa brasileiros. A **Figura 23** mostra que a média de idade dos grupos do Sul do país (14,3 anos) é 1,68 vezes maior que a dos grupos da Região Norte. Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste possuem idades médias similares (em torno de 12 anos).

FIGURA 23 - IDADE MÉDIA DOS GRUPOS DE PESQUISA – POR REGIÃO.



Fonte: Censo dos Grupos de Pesquisa 2023, CNPQ.

Também existe distorção gênero/cor entre os participantes de grupos de pesquisa em biocombustíveis. Os homens brancos correspondem a 37,26% dos participantes dos grupos de pesquisa e apenas 8,4% são mulheres negras (**Tabela 10**).

TABELA 10 - NÚMERO DE PARTICIPANTES EXCETUANDO-SE ESTUDANTES, POR GÊNERO E RAÇA/COR INFORMADOS

Raça/cor	Feminino	Masculino	Total Geral
Amarela	29	18	47
Branca	717	1.054	1.771
Indígena	1	8	9
Parda	199	362	561
Preta	39	74	113
NA	109	226	335
Total Geral	1.094	1.742	2.836

Fonte: Censo dos Grupos de Pesquisa 2023, CNPQ.

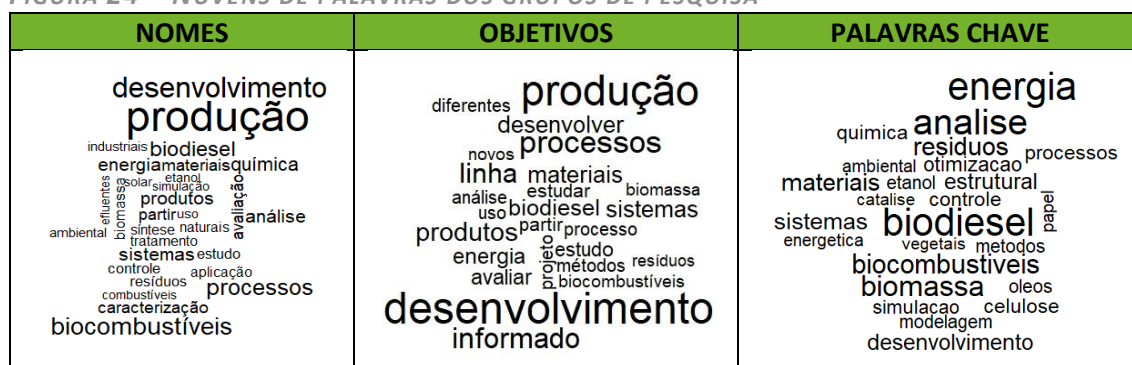
Para análise qualitativa dos grupos de pesquisa foram elaboradas três nuvens de palavras a partir dos nomes das linhas de pesquisa, dos seus objetivos e de suas palavras-chave. Esta técnica permite vislumbrar, quantitativamente, possíveis escolhas de pesquisa (**Figura 24**). No nome das linhas de pesquisa, as dez palavras mais citadas respondem por 13,6%, com



destaque principal para “produção”, “desenvolvimento”, “biocombustíveis”, “processos” e “biodiesel”. Isto indica que a pesquisa atual está dando menos ênfase no bioetanol e preferência ao biodiesel. Nos objetivos, as dez palavras mais citadas respondem por 8,0% do total, com destaque para “desenvolvimento”, “produção” e “processos”, que se repetem entre as principais palavras. Biodiesel aparece em décimo lugar, também citado de forma mais frequente nos objetivos do que bioetanol. Quando o enfoque são as palavras-chave dos grupos de pesquisa, as dez mais citadas totalizam 8,6%. O “biodiesel” aparece como a palavra mais citada, confirmando a tendência dos grupos de pesquisa em dar ênfase no estudo deste biocombustível.

Por outro lado, “biogás”, “biometano”, “HVO” (diesel verde), “bioquerosene”, “SAF” e “aviação” praticamente não são citadas. Biogás, a mais citada deste conjunto, apresenta percentual de 0,2%. Isto demonstra que há pouca importância da academia brasileira para desenvolvimento de pesquisas relacionadas a outras alternativas de biocombustíveis além de bioetanol e biodiesel.

FIGURA 24 – NUVENS DE PALAVRAS DOS GRUPOS DE PESQUISA



Fonte: Elaboração AECON.

2.2 Produção acadêmica – Web of Science

Analisar artigos científicos publicados faz parte da boa prática de investigação de padrões e tendências temáticas em relação à geração de conhecimento nos mais diversos sistemas de inovação. No presente estudo, consultou-se a base “Web of Science”, uma das bases privadas mais utilizadas na indexação de periódicos científicos¹⁵. A palavra buscada foi “biofuel” em todos os campos de busca (nome do artigo, palavras-chave e resumo). O corte temporal escolhido foi de artigos publicados de janeiro de 2021 até julho de 2024. Também foi imposta a condição que o artigo possua pelo menos um autor brasileiro. A análise que segue, então, pode ser vista como resultado recente do esforço de pesquisa nacional na temática de biocombustíveis.

Ao todo foram encontrados 1.922 artigos. Na Tabela 11 estão elencadas as principais instituições com participações em artigos. Cumpre destacar que como um mesmo artigo pode

¹⁵ Ao usar esta base restringe-se a análise da publicação de autores brasileiros em revistas internacionais.



possuir mais de um autor, a soma das participações é maior que 100%. Alguns pontos de destaque: i) as principais instituições do Estado de São Paulo apresentam 1.026 artigos; ii) a grande maioria das participações é proveniente de universidades públicas (4.848 autores); iii) apenas duas empresas aparecem neste *ranking*, a empresa pública vinculada ao Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), e a empresa de capital aberto, cujo acionista majoritário é o Governo do Brasil, Petrobras. Em síntese, o resultado da pesquisa em biocombustíveis no Brasil é resultado de atividade acadêmica das universidades brasileiras, fruto da ação do Estado, e fortemente concentrada em São Paulo (53,4%).

TABELA 11 - NÚMERO DE PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS, POR INSTITUIÇÃO

AFILIAÇÃO	FREQUÊNCIA	(%)
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO	431	22,4
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS	313	16,3
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	197	10,2
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA	130	6,8
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS	104	5,4
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA	66	3,4
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL	66	3,4
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE	63	3,3
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (EMBRAPA)	62	3,2
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ	59	3,1
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS	57	3,0
UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA	55	2,9
PETROBRAS	53	2,8
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE	52	2,7
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS	50	2,6
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO	48	2,5
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO	48	2,5

Fonte: *Web of Science*

Obs: há dupla contagem, uma vez que um artigo pode ser de autores de mais de uma instituição.

A importância estatal nos resultados da produção acadêmica também está explicitada na **Tabela 12**, que totaliza as citações de suporte financeiro indicadas pelos coautores dos artigos publicados na *Web of Science*. As agências nacionais são citadas por 2.700 coautores e as agências estaduais por 869. No nível estadual, há diferença muito grande entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), a maior entre as estaduais, e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), que ocupa o segundo lugar. Na citação de agentes financiadores observa-se a presença de empresas privadas (algumas multinacionais) e fundos de suporte à pesquisa de outros países.

Os EUA aparecem como o principal país de colaboração científica na temática. Conforme pode ser visto na **Tabela 13**, 6,3% dos coautores são desta nacionalidade, seguidos por Espanha (4,0%) e Portugal (3,4%). Esses países surgem no topo da colaboração, provavelmente pelas proximidades linguísticas e históricas. Apesar da China ser uma das potências em publicações e patenteamento, os autores brasileiros colaboram pouco com autores chineses (1,4%), dando



preferência para outras nacionalidades da Europa (13,4% sem contar Portugal e Espanha) e da América (4,5% sem contar EUA).

TABELA 12 - RANKING DAS PRINCIPAIS INSTITUIÇÕES FINANCIADORAS CITADAS NOS ARTIGOS

AGÊNCIA FINANCIADORA	FREQUÊNCIA	(%)
CNPQ	1.020	53,1
CAPES	866	45,1
ANP	705	36,7
FAPESP	656	34,1
SHELL	308	16,0
PETROBRAS	130	6,8
FAPEMIG	126	6,6
RCGI	123	6,4
FINEP	109	5,7
FAPERJ	87	4,5
EQUINOR	44	2,3
CONSELHO DE PESQUISA SUECO	38	2,0
VINNOVA	36	1,9

Fonte: elaboração própria a partir de dados da *Web of Science*.

Obs: há dupla contagem, uma vez que um artigo pode ser financiado por mais de uma fonte.

TABELA 13 - NACIONALIDADE DE COAUTORES ESTRANGEIROS

PAÍSES	FREQUÊNCIA	(%)
EUA	121	6,3
ESPAÑA	77	4,0
PORTUGAL	66	3,4
INGLATERRA	65	3,4
ALEMANHA	46	2,4
COLÔMBIA	41	2,1
ITÁLIA	38	2,0
FRANÇA	35	1,8
HOLANDA	29	1,5
CANADÁ	28	1,5
CHINA	26	1,4
NORUEGA	25	1,3
DINAMARCA	20	1,0
ARGENTINA	18	0,9
ÍNDIA	18	0,9

Fonte: elaboração própria a partir de dados da *Web of Science*.

Obs: há dupla contagem, uma vez que existem colaborações com mais de um país

A *Web of Science* realiza categorização dos artigos com base em seu conteúdo e palavras-chave. A **Tabela 14** apresenta o *ranking* das categorias nas quais os artigos foram classificados. As cinco principais categorias possuem frequência acumulada de 76,2%. ‘Combustíveis energéticos’ é a principal categoria, seguida por ‘engenharia química’ e ‘biotecnologia e microbiologia aplicada’. A aparição da categoria ‘biotecnologia e microbiologia aplicada’ em terceiro lugar indica a busca por integração de soluções de biológicas aos processos químicos de produções e refino associados aos biocombustíveis.



Já quando a classificação é feita pela área de pesquisa, a concentração é um pouco maior, com as três principais áreas cobrindo 72,7% (**Tabela 15**). A 'biotecnologia e microbiologia aplicada' perde espaço para 'engenharia', mostrando que o enfoque da pesquisa está nos desafios da produção. Cumpre destacar alguns artigos das áreas de 'ciência da computação' e de 'ciência de alimentos'. A 'ciência da computação' tem colaborado com modelos de simulação para estudos de viabilidade econômica, de eficiência energética e até de cálculos de emissão ou captura de CO₂. Já a 'ciência de alimentos' surge dando aporte a processos bioquímicos de processamento de resíduos. Nota-se, nas **Tabelas 14 e 15**, que a temática de biocombustíveis possui a multidisciplinariedade como característica importante.

TABELA 14 - ARTIGOS POR CATEGORIA DA WEB OF SCIENCE

CATEGORIA	FREQUÊNCIA	(%)
Combustíveis Energéticos	540	28,1
Engenharia Química	258	13,4
Microbiologia aplicada à biotecnologia	245	12,7
Ciências ambientais	228	11,9
Química física	207	10,8
Ciências dos materiais multidisciplinar	145	7,5
Tecnologia de Ciência Sustentável Verde	141	7,3
Química Multidisciplinar	104	5,4
Engenharia Ambiental	97	5,0
Termodinâmica	88	4,6
Geociências Multidisciplinar	83	4,3
Mecânica	78	4,1
Engenharia Agrícola	57	3,0
Agronomia	57	3,0
Eletroquímica	57	3,0

Fonte: *Web of Science*

Obs: há dupla contagem, uma vez que um artigo pode receber mais de uma classificação.

TABELA 15 - ARTIGOS POR ÁREA DE PESQUISA

ÁREA DE PESQUISA	ARTIGOS	(%)
Energia e Combustíveis	540	28,1
Engenharia	492	25,6
Química	365	19,0
Biotecnologia e Microbiologia Aplicada	245	12,7
Ciências Ambientais e Ecologia	243	12,6
Ciência e Tecnologia - Outros Tópicos	223	11,6
Ciência dos Materiais	189	9,8
Agricultura	123	6,4
Física	108	5,6
Geologia	93	4,8
Termodinâmica	88	4,6
Mecânica	78	4,1
Eletroquímica	57	3,0
Ciência da Computação	46	2,4
Ciência e Tecnologia de Alimentos	40	2,1

Fonte: *Web of Science*

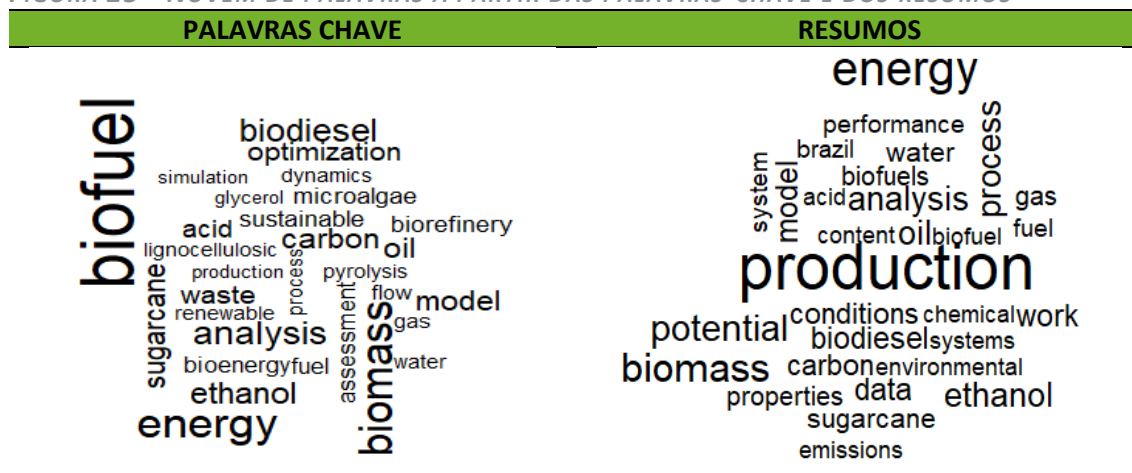
Obs: há dupla contagem, uma vez que um artigo pode envolver mais de uma área de pesquisa.

Além da análise do financiamento, das colaborações, das instituições de origem e das áreas de pesquisa que estão gerando publicações na área de biocombustíveis, é possível também investigar as frequências relativas das palavras-chave e das palavras utilizadas nos resumos das publicações. A **Figura 25** apresenta as nuvens de palavras originadas nestas duas informações dos artigos. A palavra de maior frequência é *“biofuel”*, fruto da metodologia de filtro adotada na pesquisa e decorrência natural da temática deste estudo. As palavras *“bioetanol”* e *“biodiesel”* aparecem com importância similar na nuvem de palavras-chave. As palavras também revelam duas fontes de matéria-prima, *“cana-de-açúcar”* e *“biomassa”*. Em que pese que a cana-de-açúcar é uma biomassa, o destaque maior para biomassa do que para cana-de-açúcar sugere que a pesquisa está diversificando as fontes de fabricação de biocombustíveis, reforçando movimento já descrito na produção real no capítulo anterior.

Nota-se também que as palavras-chave revelam algumas escolhas de caminhos produtivos, com a presença das palavras *“lignocellulosic”*, *“pyrolysis”*, *“acid”* e *“microalgae”*. A presença destas palavras indica direcionamento aos biocombustíveis avançados (2ª e 3ª geração). Além disso, vislumbra-se a junção de processos distintos em uma única planta industrial ou em plantas industriais conjugadas, que produzam coprodutos de maior valor agregado e provoquem ganhos de sinergias, como o uso comum de calor gerado para o processo produtivo. As entrevistas realizadas com os especialistas na área indicam este caminho, sendo que já existem experiências produtivas em curso.

Já na nuvem originada nos resumos, a palavra *“biofuels”* perde importância relativa. A centralidade está em *“production”*. O termo mais genérico, *“biomassa”*, apresenta frequência relativa maior que a cana-de-açúcar. Há menos evidência de caminhos produtivos tratados nos artigos e alguma evidência da preocupação com emissões, dados e modelos. A pouca importância ao biogás, ao biometano, ao bioquerosene, ao HVO e ao SAF se repete nas publicações de artigos. As palavras *“biogás”* e *“biometano”* são citadas apenas 0,2% e 0,1% das vezes, enquanto que HVO e SAF possuem frequência ainda menor.

FIGURA 25 - NUVEM DE PALAVRAS A PARTIR DAS PALAVRAS-CHAVE E DOS RESUMOS

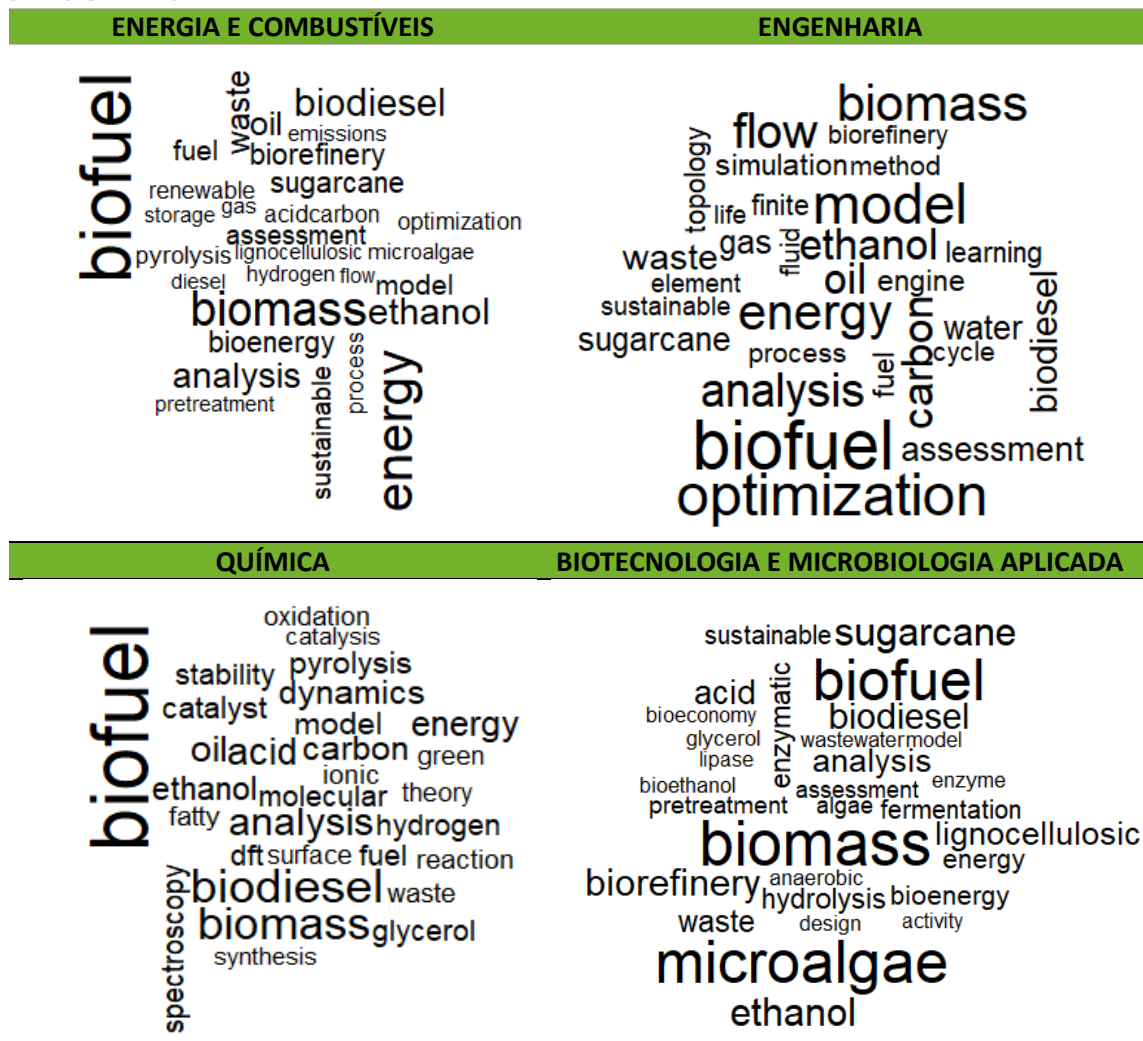


Fonte: elaboração própria a partir de dados da *Web of Science*.



Tendo em vista a grande quantidade de artigos e a variedade de áreas de conhecimento abrangidas, optou-se por realizar as nuvens de palavras estabelecendo filtros secundários. A **Figura 26** apresenta as nuvens de palavras para as áreas de concentração mais frequentes da **Tabela 15**.

FIGURA 26 - NUVENS DE PALAVRA A PARTIR DE PALAVRAS-CHAVE DE ÁREAS DE CONHECIMENTO SELECIONADAS



Fonte: elaboração própria a partir de dados da Web of Science.

Os artigos da área de energia e combustíveis apresentam o “biodiesel” e o “bioetanol” com importância relativa similar e entre as dez principais palavras. Não aparecem entre as 10 principais palavras as outras formas de biocombustíveis. As dez palavras mais repetidas possuem frequência acumulada de 12,4%. Neste subconjunto de artigos, a “biomassa” é repetida o dobro de vezes em relação à cana-de-açúcar.

No subconjunto da engenharia, a distribuição das palavras é um pouco maior, com as dez palavras mais repetidas respondendo por 9,4% da frequência acumulada. O “bioetanol” e o “biodiesel” também têm importância similar, evidenciando-se também a ausência de outras formas de biocombustíveis. Neste conjunto de artigos, a cana-de-açúcar não consta entre as dez



mais repetidas, ao contrário da “biomassa”, que está neste conjunto principal. Destaque para a palavra “otimização”, que é a segunda mais repetida e que, comparativamente, não aparece entre as principais de outras áreas.

Os artigos da área de química dão mais importância ao “biodiesel” do que ao “bioetanol”, fato que se desdobra na menor importância relativa da “cana-de-açúcar” em relação à “biomassa”. A área de biotecnologia possui conjunto de palavras com maior concentração, com as dez palavras mais repetidas totalizando 12,6% da frequência. Alguns termos surgem entre as principais, indicando perfil diferente de pesquisa. São elas: “microalga”, “biorrefino” e “lignocelulósico”. Aqui também há igualdade de importância entre o “bioetanol” e o “biodiesel”, com baixa relevância para outras formas de biocombustíveis.

2.3 A ANP e o sistema de inovação nacional

A ANP presta papel central no ecossistema de inovação brasileiro em energia. Sua atuação ocorre em três frentes distintas. Por um lado, ela registra e fiscaliza as ações de P&D&I oriundas de obrigatoriedade regulatória da exploração do petróleo no Brasil. A ANP também organiza esforços de formação de recursos humanos e a articulação das grandes empresas com *startups* em sistema de inovação aberta. Uma das preocupações da agência está explicitada na seguinte passagem de seu relatório da área de pesquisa e inovação:

Após grande esforço de instalação de infraestrutura de classe mundial no país, esta recente mudança de perfil, com projetos de desenvolvimento experimental e construção de protótipos e unidades piloto, demonstra um foco de contratação de projetos de maior maturidade tecnológica. Dessa forma, é importante monitorar o quanto do resultado desses projetos está gerando inovação incremental e o quanto novos produtos e serviços estão sendo comercializados para a indústria e a sociedade. (ANP, 2024).

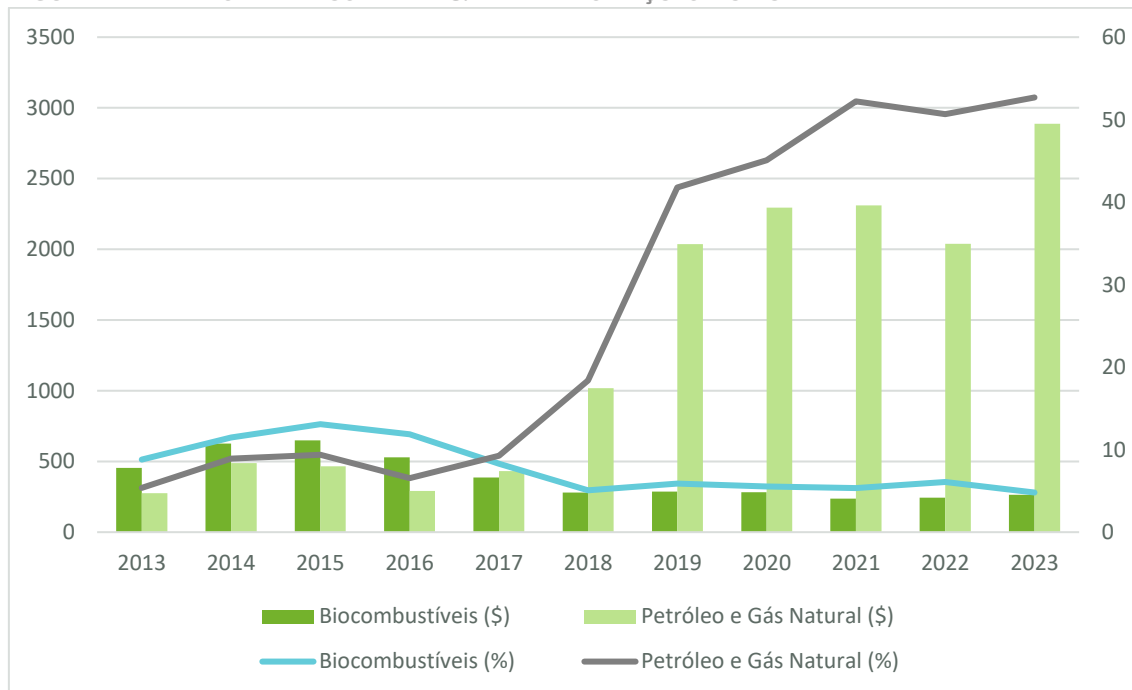
Parte deste esforço de monitoramento está na participação da ANP no painel INOVA-E que é a quantificação dos esforços brasileiros em Pesquisa, Desenvolvimento e Demonstração (PDD) na área energética realizados pelo Brasil. A **Figura 27** apresenta um recorte destes dados, com enfoque na questão dos biocombustíveis. A entrada dos investimentos em P&D&I originados da cláusula de exploração de petróleo fez saltar o volume de investimentos em energia no Brasil, que apresenta crescimento de 135,4% entre os anos de 2017 e 2018 nos investimentos na área de petróleo e gás natural. O volume médio de recursos investidos entre os anos de 2013 e 2017 para biocombustíveis foi de R\$ 529 bilhões. Esta média cai para R\$ 265 bilhões entre os anos 2018 e 2023. Por outro lado, os gastos médios com PD&D em petróleo e gás natural passam de R\$ 390 bilhões para R\$ 2.097 bilhões. A ANP(2024) destaca ainda que:

o valor estimado para a carteira de projetos de hidrogênio é similar ao valor estimado para a carteira de projetos de biocombustíveis e destaca ainda como um desafio: Demonstrar a relação entre o portfólio de projetos de P&D&I e a prioridade estabelecida pelo Conselho Nacional de Política



Energética (CNPE) para a destinação dos recursos regulados de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

FIGURA 27 - INVESTIMENTOS EM PD&D E PARTICIPAÇÕES NO TOTAL



Fonte: INOVA-E, EPE, 2024.

2.3.1. A cláusula de P&D&I da ANP

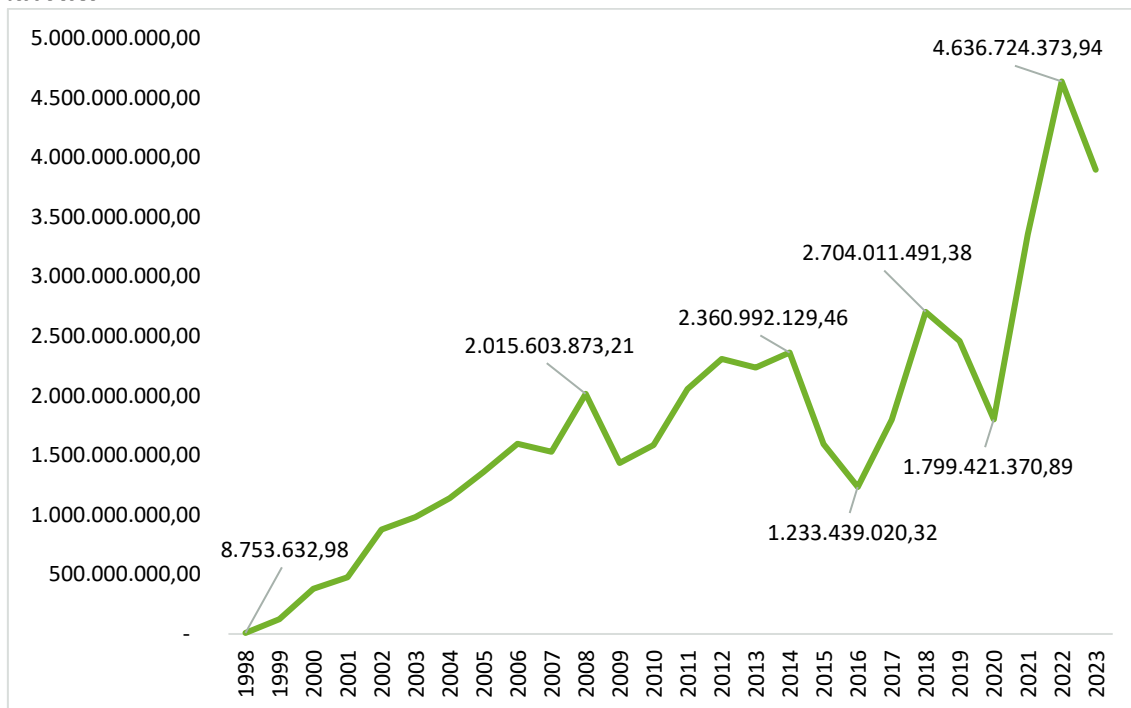
O formato de exploração e distribuição de combustíveis fósseis no Brasil impõe que as grandes empresas participantes deste mercado destinem parte do faturamento para editais de P&D&I na área, conforme estabelecido na Lei 9.478 de 06/08/1997. A ANP é a responsável por estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias na exploração, produção, transporte, refino e processamento de petróleo, gás natural, combustíveis e biocombustíveis. Os projetos podem ser executados diretamente pelas empresas de exploração e distribuição ou através de parcerias com ICTs. Nesta seção é feita análise dos dados disponibilizados pela ANP acerca da utilização destes recursos.

Na **Figura 28** apresenta-se a evolução dos valores em P&D&I, corrigidos pelo IPCA. Nos primeiros 10 anos há crescimento exponencial da obrigatoriedade destes investimentos, uma vez que o valor de 2008 é 230 vezes maior que 1998, apresentando um crescimento médio de 72,3% ao ano. O crescimento não é contínuo devido à crise econômica global de 2008, nacional dos anos 2015 a 2017 e à pandemia de 2020. No entanto, após a pandemia há outro momento de crescimento vertiginoso, provavelmente fruto da grande ampliação da produção nacional de petróleo, principalmente com os diversos leilões de exploração, muitas vezes aproveitando as reservas da camada do pré-sal. As flutuações ocorrem também por questões cambiais e do preço internacional do petróleo, uma vez que o faturamento das empresas, e consequentemente o valor destinado à P&D&I, é atrelado ao mercado internacional. A



Petrobras responde, na média do período, por 90,1% destes valores, contudo tem diminuído sua participação nos últimos anos, atingindo 62,7% de participação em 2023. A Shell aparece em segundo lugar com 13,2% de participação em 2023.

FIGURA 28 - EVOLUÇÃO REAL DOS VALORES DESTINADOS À P&D&I EM PROJETOS REGISTRADOS NA ANP



Fonte: ANP. Valores corrigidos pelo IPCA.

Para que um laboratório ou grupo de pesquisa possa habilitar-se a participar de editais de pesquisa com financiamento destes fundos, eles devem ser credenciados pela ANP. As **Tabelas 16 a 18** apresentam os *rankings* das unidades credenciadas, por estado, instituição e município, respectivamente. Há forte concentração de credenciamento na Região Sudeste (61,7%), mais especificamente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo (50,7%). A Região Sul aparece em segundo lugar, com (15,8%). O eixo Sul/Sudeste, portanto, possui 77,5% das unidades credenciadas.

O *ranking* das ICTs com mais unidades de pesquisa credenciadas mostra que há predominância das universidades públicas, em especial mantidas pelo governo federal, entre as unidades credenciadas. A UFRJ desponta como primeira colocada entre as instituições com unidades credenciadas, com quase três vezes mais unidades que a PUC-Rio ou a USP. Destacam-se neste *ranking* três universidades federais do Nordeste, a UFPE, UFRN e a UFBA. Entre os municípios a concentração está no Rio de Janeiro, com 3,5 vezes mais unidades credenciadas que o número presente em São Paulo.

A cidade do Rio de Janeiro abriga a sede da Petrobras e também seu centro de pesquisas (CENPES - Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello). A Petrobras é a principal responsável pelo financiamento dos projetos de P&D&I em biocombustíveis, além de ser a principal instituição executora de P&D&I com esses recursos.



Desta maneira, a Petrobras consiste em um importante elemento que impulsiona o ecossistema de inovação local, refletindo-se na relevante presença de instituições de pesquisa do Rio de Janeiro entre aquelas com maior número de unidades de pesquisa credenciadas na ANP (UFRJ e PUC-Rio) e também entre as principais executoras de projetos de P&D&I em biocombustíveis (Petrobras, UFRJ e SENAI-RJ).

TABELA 16 - RANKING DOS 10 ESTADOS COM MAIS UNIDADES DE PESQUISAS CREDENCIADAS NA ANP

ESTADO	NÚMERO DE UNIDADES DE PESQUISAS CREDENCIADAS	PARTICIPAÇÃO
RJ	380	35,2%
SP	167	15,5%
MG	95	8,8%
RS	64	5,9%
SC	58	5,4%
PR	49	4,5%
BA	41	3,8%
PE	39	3,6%
RN	39	3,6%
ES	24	2,2%

Fonte: ANP.

TABELA 17 - RANKING DAS 10 INSTITUIÇÕES COM MAIS UNIDADES DE PESQUISA CREDENCIADAS NA ANP

INSTITUIÇÃO	NÚMERO DE UNIDADES DE PESQUISA CREDENCIADAS	PARTICIPAÇÃO
UFRJ	166	15,4%
PUC-Rio	59	5,5%
USP	57	5,3%
UFSC	40	3,7%
UFF	35	3,2%
UFPE	31	2,9%
UFRN	29	2,7%
UFMG	26	2,4%
UFBA	24	2,2%
UFRGS	24	2,2%

Fonte: ANP

**TABELA 18 - RANKING DAS 10 CIDADES COM MAIOR NÚMERO DE UNIDADES DE PESQUISA CREDENCIADAS NA ANP**

MUNICÍPIO	CENTROS	PARTICIPAÇÃO
Rio de Janeiro	309	28,6%
São Paulo	89	8,2%
Florianópolis	48	4,4%
Belo Horizonte	38	3,5%
Recife	38	3,5%
Niterói	37	3,4%
Natal	36	3,3%
Salvador	35	3,2%
Curitiba	34	3,2%
Campinas	33	3,1%

Fonte: ANP

Tendo em vista a temática deste estudo, foi feito o recorte dos projetos de P&D&I que versam sobre biocombustíveis. Estes seguem o Regulamento Técnico ANP nº 3/2015. Os valores apresentados neste estudo referem-se ao acumulado de 2017 a 2024. Assim como acontece com o todo, há forte concentração dos investimentos realizados por parte da Petrobras e da Shell (**Tabela 19**). Contudo, a participação da Petrobras é menor em biocombustíveis (52,6%) frente ao total geral (90,1%), enquanto a participação da Shell é maior (22,4% em biocombustíveis contra 4,9% do total geral). As demais empresas apresentam 25,0% do esforço de inovação em biocombustível. Para efeito de comparação, o orçamento do CNPQ em 2024 para fomento a projetos de todas as temáticas foi de R\$ 465,8 milhões, que somados aos R\$ 1.296,8 milhões orçados para formação, capacitação e fixação de recursos humanos para o desenvolvimento científico, totaliza R\$ 1.762,6 milhões. Na média, os recursos de inovação em biocombustíveis registrados na ANP correspondem a, aproximadamente, 33% de todos os recursos que são desembolsados pelo CNPQ em pesquisa. Isto demonstra a capacidade de investimentos que o país possui para dedicar aos esforços voltados aos avanços científicos e tecnológicos na área de biocombustíveis.

TABELA 19 - EMPRESAS RESPONSÁVEIS PELOS PROJETOS DE P&D&I EM BIOCMBUSTÍVEIS – 2017 A 2024

EMPRESA	VALOR	PARTICIPAÇÃO
Petrobras	652.539.828,69	52,6%
Shell	278.060.033,46	22,4%
Petrogal	117.299.317,56	9,5%
Sinochem	60.791.621,91	4,9%
Petronas	53.084.511,60	4,3%
Exxonmobil	37.712.600,37	3,0%
Repsol	23.299.552,51	1,9%
Total	11.091.518,88	0,9%
Equinor energy	7.038.785,84	0,6%
Total geral	1.240.917.770,82	100,0%

Fonte: ANP



Também para efeito de comparação, o total de projetos aprovados pela ANP em P&D&I é de R\$ 29.581.212.663,05. Assim, apenas 4,2% dos projetos de P&D&I aprovados pela ANP são destinados para pesquisas em biocombustíveis. O segmento de biocombustíveis representa um percentual baixo do montante de investimentos em P&D&I das empresas que atuam na exploração e distribuição de combustíveis fósseis no Brasil, que concentram seus esforços de P&D&I majoritariamente na área de petróleo e gás natural. Uma vez configurada a relevância estratégica dos biocombustíveis em substituição, parcial ou total, dos combustíveis derivados de petróleo e gás natural, talvez se faça necessária uma ampliação de recursos e de entes financiadores deste segmento, visando manter o país entre os principais *players* do setor e expandir sua dinâmica de P&D&I.

A **Tabela 20** mostra que a Petrobras, apesar de estabelecer parcerias com dezenas de ICTs e projetos, tem por estratégia principal destinar a maior parte dos recursos para esforços internos de inovação, pois 87,4% dos recursos aportados são executados internamente. A Shell, por outro lado, executa 100% dos seus recursos destinados a pesquisa em biocombustíveis com o estabelecimento de parcerias com outras instituições, o que explica sua ausência deste *ranking* de instituições executoras ao mesmo tempo em que é protagonista entre as empresas financiadoras de P&D&I. As 10 instituições do *ranking* respondem pela execução de 91,7% dos recursos destinados à pesquisa em biocombustíveis.

A UFRJ é a segunda colocada no *ranking* das ICTs executoras, fruto de sua ampla rede de laboratórios credenciados na ANP. Cumpre destacar a importância do SENAI, com unidades credenciadas distribuídas em onze estados, totalizando 45 laboratórios. Três de suas unidades estaduais participam do *ranking* e totalizam, em conjunto, 17,4% dos recursos destinados à pesquisa em biocombustíveis. O sistema de ensino superior do Estado de São Paulo aparece representado por duas de suas universidades estaduais, a USP e a UNICAMP.

A tabela também revela que a formação de redes de instituições é importante e que estar no *ranking* do número de unidades credenciadas na ANP não é garantia de conseguir acesso aos recursos destinados à inovação, uma vez que as grandes empresas petrolíferas possuem massa crítica e recursos capazes de manter laboratórios próprios, como acontece com a Petronas, além da Petrobras.

TABELA 20 - RANKING DAS INSTITUIÇÕES EXECUTORAS DE PROJETOS DE P&D&I EM BIOCOMBUSTÍVEIS

INSTITUIÇÃO EXECUTORA	VALOR	PARTICIPAÇÃO
PETROBRAS	570.250.040,85	46,0%
UFRJ	127.725.226,38	10,3%
SENAI-BA	98.750.068,97	8,0%
USP	76.336.033,44	6,2%
SENAI-SP	72.773.355,91	5,9%
REDES DE INSTITUIÇÕES	47.341.874,32	3,8%
SENAI-RJ	43.972.189,75	3,5%
UNICAMP	42.546.148,79	3,4%
PETRONAS LUBRIFICANTES S.A	35.996.931,00	2,9%
UFMG	22.656.826,85	1,8%

Fonte: ANP



A análise da distribuição dos valores dos projetos por tema e subtema definidos pela ANP mostra escolha estratégica em favor do bioquerosene de aviação, que recebeu 43,4% dos recursos (**Tabela 21**). Isto reflete a política investimentos da Petrobras, pois 71,4% dos valores da empresa estão direcionados ao bioquerosene de aviação. Além disto, a Petrobrás responde por 86,5% dos valores de pesquisa em bioquerosene. O segundo maior esforço em recursos destina-se a biocombustíveis avançados (24,5%) com destaque para “processos de produção” e “conversão de materiais lignocelulósicos”. São pesquisas, portanto, voltadas ao conceito mais amplo de biorrefinarias. A importância ao conceito mais amplo de biorrefinarias também pode ser visto na importância dos co-produtos nas pesquisas de biodiesel e bioetanol que totalizam 5,8% dos recursos totais. Projetos diretamente ligados a biogás receberam um menor aporte de recursos (2,2%).

TABELA 21 - DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE P&D&I EM BIOCOMBUSTÍVEIS, POR TEMA E SUBTEMA

TEMA E SUBTEMA	VALOR	PARTICIPAÇÃO
Biocombustíveis avançados (2ª, 3ª, 4ª geração)	304.191.702,58	24,5%
Avaliação da sustentabilidade	5.227.744,66	0,4%
Conversão de materiais lignocelulósicos	107.531.741,41	8,7%
Co-produtos	536.372,16	0,0%
Matérias-primas - caracterização e pré-tratamento	1.314.740,00	0,1%
Outros	11.240.477,31	0,9%
Processos de produção	130.261.004,81	10,5%
Produção de enzimas	6.336.122,02	0,5%
Sistemas catalíticos	41.743.500,21	3,4%
Biodiesel	119.353.992,41	9,6%
Cadeia produtiva	4.047.946,80	0,3%
Caracterização e controle da qualidade	8.950.381,47	0,7%
Co-produtos	3.605.755,50	0,3%
Outros	53.084.511,60	4,3%
Produção de biodiesel	16.908.216,24	1,4%
Produção de leveduras e algas	16.637.110,80	1,3%
Usos do biodiesel	16.120.070,00	1,3%
Bioetanol	147.528.979,19	11,9%
Co-produtos	68.122.661,63	5,5%
Outros	17.256.476,36	1,4%
Produção de bioetanol	60.039.164,74	4,8%
Transformação química do bioetanol	2.110.676,46	0,2%
Bioquerosene de aviação	538.489.602,86	43,4%
Produção de bioquerosene	538.489.602,86	43,4%
Energia a partir de outras fontes de biomassa	131.353.493,78	10,6%
Gaseificação de biomassa	3.333.791,03	0,3%
Outros	37.999.023,94	3,1%
Outros processamentos de biomassa	47.579.089,75	3,8%
Produção de biogás	24.147.838,80	1,9%
Sistemas catalíticos	18.293.750,26	1,5%
Total geral	1.240.917.770,82	100,0%

Fonte: ANP



Os dados da ANP também permitem totalizar os recursos em P&D&I por qualificação do projeto (**Tabela 22**). O maior volume de recursos (42,0%) destina-se a “protótipo ou unidade piloto”. Segundo a classificação de pesquisas científicas pelo *Technology Readiness Level* (TRL), este tipo de ação é classificado como TRL 7 ou 8, em uma escala de 1 a 9. São pesquisas onde já se está caminhando para testes de campo e de viabilidade de escala, indicando maior maturidade. A faixa de TRL entre 3 a 6 – de desenvolvimento experimental – responde por 10,5% dos projetos. A maioria (52,5%) dos recursos, portanto, são aportados em TRLs acima de 3.

O segundo maior volume destina-se a projetos de pesquisa aplicada (32,0%). São aqueles com classificação de TRL 2. A pesquisa básica recebe apenas 1,6%. Como resultado, projetos com menor maturidade (TRLs 1 e 2) recebem 33,6% dos investimentos. Assim, projetos de pesquisa em biocombustíveis com menor maturidade tecnológica, mais associados à pesquisa básica, não são o foco de financiamento através deste mecanismo, sendo abarcados pelo financiamento através das agências de governo no âmbito federal e estadual. Note-se que os recursos também são destinados à infraestrutura (13,9% no total).

TABELA 22 - DISTRIBUIÇÃO DOS PROJETOS POR TIPO DE QUALIFICAÇÃO

QUALIFICAÇÃO DO PROJETO	VALOR	PARTICIPAÇÃO	TRL
Desenvolvimento experimental	129.688.453,68	10,5%	4
Infraestrutura	162.156.263,21	13,1%	-
Infraestrutura - nova edificação ou acréscimo de área	9.988.235,00	0,8%	-
Pesquisa aplicada	397.545.485,30	32,0%	2
Pesquisa básica	19.980.198,91	1,6%	1
Protótipo ou unidade piloto	521.559.134,72	42,0%	5
Total Geral	1.240.917.770,82	100,0%	

Fonte: ANP

O olhar qualitativo sobre os objetivos dos projetos de P&D&I em biocombustíveis é possível a partir da **Figura 28**. Além da nuvem de palavras de todo o conjunto de projetos, também foram realizadas nuvens para as três temáticas que mais receberam recursos entre 2017 e 2024. No conjunto total, nota-se que as dez palavras mais citadas possuem 10% de frequência relativa, mantendo padrão similar ao observado nas nuvens dos artigos científicos. As palavras “produção” e “processo” aparecem como as mais citadas, somando 3,5%. A palavra “biomassa” está presente entre as dez mais frequentes. A palavra “etanol” é repetida 2,25 vezes a mais do que “biodiesel”. E “milho”, apesar de não estar entre as dez mais citadas é mais frequente do que “cana-de-açúcar”.

Quando é feito o recorte para os projetos com a temática de “bioquerosene de aviação”, o corpo textual sofre consideráveis alterações. As dez palavras mais citadas totalizam 15,9% da frequência, com “produção” e “processo” respondendo por 5%. Entre as dez mais citadas não se encontram “biomassa”, “etanol”, “biodiesel” ou similares às que se observou em outras nuvens. Por outro lado, ganham importância “aviação” (por motivos óbvios), “hidrogênio” (1,2%) e “coprocessamento” (1,0%).

As pesquisas qualificadas como “pesquisa aplicada” apresentam o mesmo grau de concentração (10,7%) de frequência relativa para as dez palavras mais citadas. “Produção”,



“processo” e “processo de produção” totalizam 4,1%. “Etanol” e “biodiesel” aparecem entre as dez mais repetidas, mas com bioetanol com 1,9 vezes maior frequência. “Milho” surge entre as dez palavras mais repetidas.

O recorte de biocombustíveis avançados também destaca em primeiro plano “produção” e “processo” (somam 4,3%). A concentração das dez palavras mais citadas é de 11,9%. Entre as vinte palavras mais citadas aparecem, com o mesmo número de repetições, “lignocelulósica”, “catalizadores” e “pirólise”, sendo uma indicação das rotas tecnológicas com maior destaque.

FIGURA 29 - NUVENS DE PALAVRAS DOS OBJETIVOS DE PROJETOS EM BIOCOMBUSTÍVEIS



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANP.

2.3.2. A ANP e a formação de recursos humanos

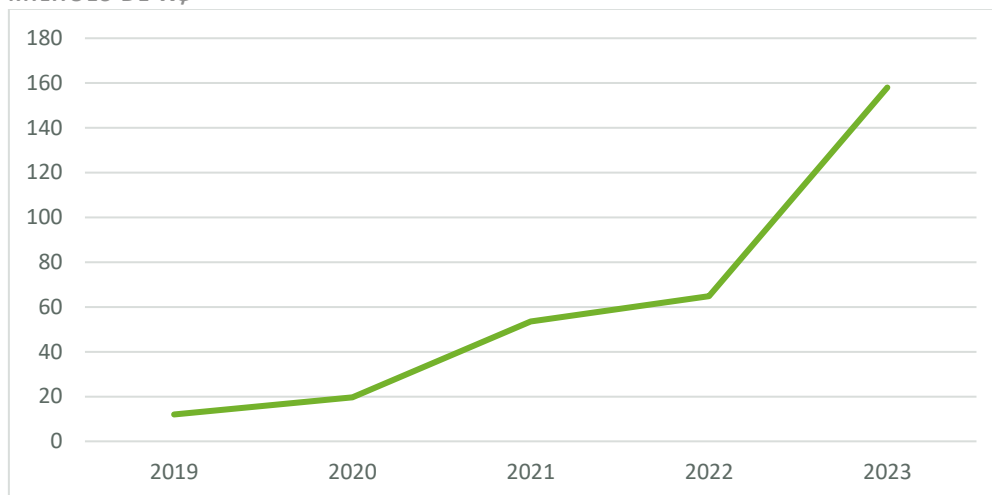
Além de registrar e fiscalizar os esforços de pesquisa que foram analisados na subseção anterior, a ANP também possui programa de formação de recursos humanos e recentemente publicou edital em inovação aberta de apoio às *startups*.



Dentre os esforços da ANP para ampliar o ecossistema de inovação em combustíveis brasileiro está o Programa de Formação de Recursos Humanos (PRH-ANP), iniciado em 1999. A sua primeira fase, de 19 anos, encerrou-se em 2018 por problemas de escassez de recursos do CTPETRO. Foram cinco chamadas públicas que contemplaram 55 programas de ensino em 32 Instituições de Ensino e Pesquisa distribuídas em 16 estados brasileiros. A partir de 2018 os editais de apoio a programas de ensino utilizam como fonte de recursos a cláusula de P&D&I. (ANP, 2024)

A **Figura 30** apresenta o aporte de recursos na segunda fase do PRH-ANP evidenciando o grande crescimento que esta cláusula permitiu ao programa. Entre 2019 e 2023 observa-se crescimento de 90,5% ao ano, permitindo que houvesse forte expansão no programa.

FIGURA 30 - RECURSOS APORTADOS PELAS EMPRESAS PETROLÍFERAS NO PRH-ANP – EM MILHÕES DE R\$



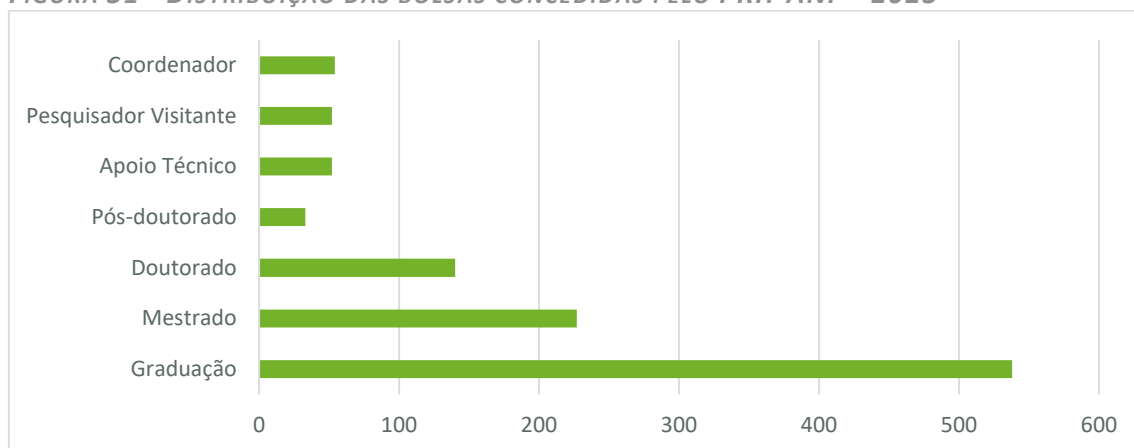
Fonte: ANP, 2024.

Segundo dados do relatório de inovação da ANP, em 2023, haviam 1.096 bolsas disponíveis, distribuídas em 54 programas. A **Figura 31** aponta a distribuição destas bolsas de acordo com diferentes níveis técnicos. Replica-se na distribuição de bolsas a pirâmide do ensino, com 49,1% das bolsas destinadas a alunos da graduação. Apesar desta forte concentração de bolsas na base acadêmica revela-se alta capacidade de incorporar pessoas ao sistema nacional de pesquisa e inovação em combustíveis. O relatório da ANP destaca que em 39 programas (72,2%) há a presença de linhas de pesquisa relacionadas à ênfase “*biocombustíveis e demais energias renováveis*”.

No levantamento da produção acadêmica gerada pelos 54 programas suportados pelo PRH-ANP há o registro de que entre 2020 e 2023 houve a concessão de 42 patentes. No entanto, documento da ANP não há detalhamento de quantas destas patentes são da temática de biocombustíveis.



FIGURA 31 - DISTRIBUIÇÃO DAS BOLSAS CONCEDIDAS PELO PRH-ANP - 2023



Fonte: ANP, 2024.

2.4. Considerações gerais

Foram localizados 227 grupos de pesquisa que citam direta ou indiretamente biocombustíveis entre seus objetos de estudo. As regiões Sudeste e Sul respondem por 59,5% dos grupos. Apenas 13,2% das linhas de pesquisa dos grupos localizados tratam diretamente de biocombustíveis. As áreas de química e engenharia química apresentam o maior número de doutores nestes grupos de pesquisa. A maior parte dos grupos de pesquisa são de instituições públicas. A região Norte é a que apresenta a menor idade dos grupos de pesquisa analisados. Dentre as palavras citadas com maior frequência nos grupos de pesquisa destacam-se: “produção”, “desenvolvimento”, “biocombustíveis”, “processos” e “biodiesel”.

Entre janeiro de 2021 e julho de 2024 foram publicados 1.922 artigos na WoS com pelo menos um brasileiro como autor, e que apresentavam a palavra “*biofuel*” no seu título ou resumo. São Paulo foi o estado com o maior número de autores. As instituições públicas possuem prevalência no número de autores. As instituições de fomento mais citadas nos artigos foram, na ordem, CNPq, CAPES, ANP e FAPESP. A nuvem de palavras originadas dos resumos dos artigos destaca as seguintes palavras: “*bioetanol*”, “*biodiesel*”, “*lignocellulosic*”, “*pyrolysis*”, “*acid*” e “*microalgae*”.

Há grande crescimento em investimentos de PD&D na área de energia no Brasil, principalmente a partir de 2018. Após pico da participação de biocombustíveis neste tipo de investimento em 2015, observa-se queda, com biocombustíveis representando 4,8% dos investimentos em PD&D em energia de 2023. Ao mesmo tempo a participação de petróleo e gás natural eleva-se atingindo 52,7%. Apesar da queda na participação do total, tem havido crescimento no montante de investimento em P&D&I originadas da cláusula de exploração do petróleo. Os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo respondem por 50,7% das unidades de pesquisa credenciadas na ANP. Petrobras e Shell respondem por 75% dos recursos em P&D&I e entre 2017 e 2024. O bioquerosene de aviação apresenta participação de 43,4% dos recursos destinados à P&D&I dentro desta cláusula.



Os dados apresentados sobre os grupos de pesquisa, as publicações internacionais e os recursos destinados à P&D&I neste capítulo permitem levantar algumas conclusões parciais: i) a pesquisa concentra-se nos estados do Sudeste e Sul; ii) a pesquisa acadêmico-científica concentra-se em ICTs públicas, principalmente Universidades Federais e Estaduais de São Paulo; iii) A Embrapa e o SENAI cumprem papel importante no meio acadêmico; iv) a CAPES e o CNPQ são relevantes para o financiamento dos grupos de pesquisa básica/acadêmica; v) a Petrobras, por seu porte e papel de líder do mercado impulsiona o ecossistema inovador do Rio de Janeiro; vi) São Paulo é um polo relevante tanto na produção de cana-de-açúcar e bioetanol, como na geração de P&D&I na área.



Capítulo 3. Tendências tecnológicas e padrões de uso da Propriedade Industrial

As bases de dados de patentes funcionam como um repositório crucial de informação tecnológica. Grande parte dos dados das tecnologias são capturados nos dados de patentes, a maioria dos quais está publicamente disponível. Para obter uma patente, os inventores devem divulgar a tecnologia que desejam proteger, muitas vezes publicando os detalhes da invenção anos antes de os produtos correspondentes estarem comercialmente disponíveis. Este aspecto único dos dados de patentes oferece uma oportunidade valiosa para orientar iniciativas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para novos produtos, revelando informações sobre tecnologias protegidas e destacando tendências globais de inovação. Adicionalmente, as informações contidas nos documentos de patentes podem servir como indicadores quantitativos de fenômenos relacionados à inovação, permitindo que as partes interessadas acompanhem os avanços e identifiquem os principais desafios e oportunidades em um determinado setor.

O mundo vem experimentando nas últimas décadas uma série de desafios relacionados às mudanças climáticas, de modo que, cada vez mais, vemos um esforço global na busca de soluções tecnológicas que resultem em diminuição do impacto ambiental, através da redução da emissão de gases poluentes, poluição da água, desmatamento e outras questões, promovendo mais eficiência energética e preservando a biodiversidade do planeta, de modo a construir um modelo de desenvolvimento econômico sustentável. Entre as soluções encontradas que visam contribuir para redução da intensidade dos impactos causados pelo aquecimento global está a busca por fontes de energia alternativas como o uso de biocombustíveis em substituição aos combustíveis fósseis.

O Brasil, por meio de sua estratégia de neointustrialização, pretende transformar os desafios da crise climática em oportunidades de inovação e desenvolvimento sustentável. Nesse sentido, as políticas industriais propostas na Nova Indústria Brasil (NIB) estão alinhadas com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), estimulando o país a liderar um modelo de crescimento inclusivo e ambientalmente responsável. Assim, a análise de dados de ativos de propriedade industrial, relacionados a tecnologias ambientalmente sustentáveis, como as tecnologias relacionadas a biocombustíveis, são extremamente relevantes para o desenvolvimento da bioeconomia nacional.

Estudo do INPI, publicado¹⁶ em 3 volumes em 2008, apresentou o panorama de patenteamento de tecnologias associadas a biodiesel no Brasil e no mundo entre 1996 e 2006, indicando uma atividade crescente de depósito de pedidos de patente no Brasil neste campo tecnológico, a partir do ano 2000. Em 2022 o INPI publicou um Radar Tecnológico com o mapeamento de patentes de tecnologias nacionais relacionadas a biocombustíveis no período de 2010 e 2021 (INPI, 2022), que indicava os combustíveis líquidos, principalmente o biodiesel,

¹⁶ <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/estudos-setoriais>



como principal foco de desenvolvimento tecnológico no setor por parte dos depositantes brasileiros.

Este capítulo traz o cenário de pedidos de patente depositados no Brasil associados aos biocombustíveis. Através da análise deste conjunto de documentos é possível identificar os campos tecnológicos onde o Brasil figura como um mercado de interesse para os desenvolvedores de tecnologia no setor de biocombustíveis, bem como compreender as competências técnicas dos depositantes brasileiros, com seu detalhamento a nível regional.

O mapeamento da atividade de patenteamento em biocombustíveis apresentado a seguir analisa os depósitos de pedidos de patente realizados no Brasil nos últimos 20 anos, fornecendo um panorama das tendências tecnológicas e padrões de uso do sistema de patentes associados aos biocombustíveis e ampliando a compreensão sobre as atividades de P&D e inovação no setor. As informações obtidas a partir do refinamento analítico dos dados extraídos dos documentos de patente permite que decisões estratégicas, voltadas às políticas industrial e de inovação, sejam tomadas com base em dados. Esse capítulo se desdobra em três seções:

- **Seção 3.1:** Desenho metodológico
- **Seção 3.2:** Cenário dos pedidos de patente de Biocombustíveis no Brasil
 - **Subseção 3.2.1:** Cenário de depósito de pedidos de patente de bioetanol no Brasil
 - **Subseção 3.2.2:** Cenário de depósito de pedidos de patente de biodiesel no Brasil
 - **Subseção 3.2.3:** Cenário de depósito de pedidos de patente de biogás no Brasil
 - **Subseção 3.2.4:** Cenário de depósito de pedidos de patente de bioquerosene no Brasil
- **Seção 3.3:** Cenário dos pedidos de patente de Biocombustíveis depositados no Brasil por depositantes brasileiros.
- **Seção 3.4:** Temas frequentes nos pedidos de patente



3.1. Desenho metodológico¹⁷

3.1.1. Levantamento dos pedidos de patente de biocombustíveis depositados no Brasil a partir do ano 2000

A construção do cenário de depósito de pedidos de patente relacionados a biocombustíveis no Brasil foi realizada através da busca de patentes na plataforma de dados *Derwent World Patents Index* (DWPI).

A estratégia de busca dos documentos de patente relacionados à biocombustíveis foi baseada em (i) palavras-chave, (ii) classificações de patentes (IPC, CPC e/ou DWPI Manual-Codes), e (iii) combinação de classificações e palavras-chave. Os pedidos de patente recuperados pelas diferentes estratégias de busca foram agrupados em um único conjunto final contendo 6.938 pedidos de patentes, todos com data de depósito no Brasil a partir do ano 2000 e publicados até o momento da realização da busca, em novembro de 2024. A análise dos dados bibliográficos dos pedidos de patente que compõe o conjunto de documentos recuperados foi realizada através dos dados extraídos da Base de Informação Tecnológica do INPI (BINTEC).

Cabe ressaltar que as tabelas e figuras com a evolução anual dos pedidos mostram os dados de depósitos entre 2000 a 2022, haja vista que para os anos de 2022, 2023 e 2024, o total de pedidos de patente depositados no Brasil ainda não está consolidado, tendo em vista o período de sigilo de 18 meses, contado da data de depósito, até que o mesmo seja publicado (a menos que seja solicitada a publicação antecipada pelo depositante). Além disso, pedidos de patente depositados no exterior tem o período de até 12 meses (por meio da Convenção da União de Paris – CUP) ou até 30 meses (por meio do Tratado de Cooperação em matéria de Patentes - PCT) para entrar na fase nacional nos países onde se buscará a proteção.

3.1.2. Categorização dos pedidos de patente relacionados a biocombustíveis

Visando analisar em maior detalhe os pedidos de patentes recuperados através da estratégia de busca proposta, os mesmos foram categorizados de acordo com o tipo de biocombustível associado à invenção: bioetanol, biodiesel, biogás e/ou bioquerosene. Adicionalmente os pedidos foram categorizados de acordo com o campo tecnológico ao qual pertence a invenção.

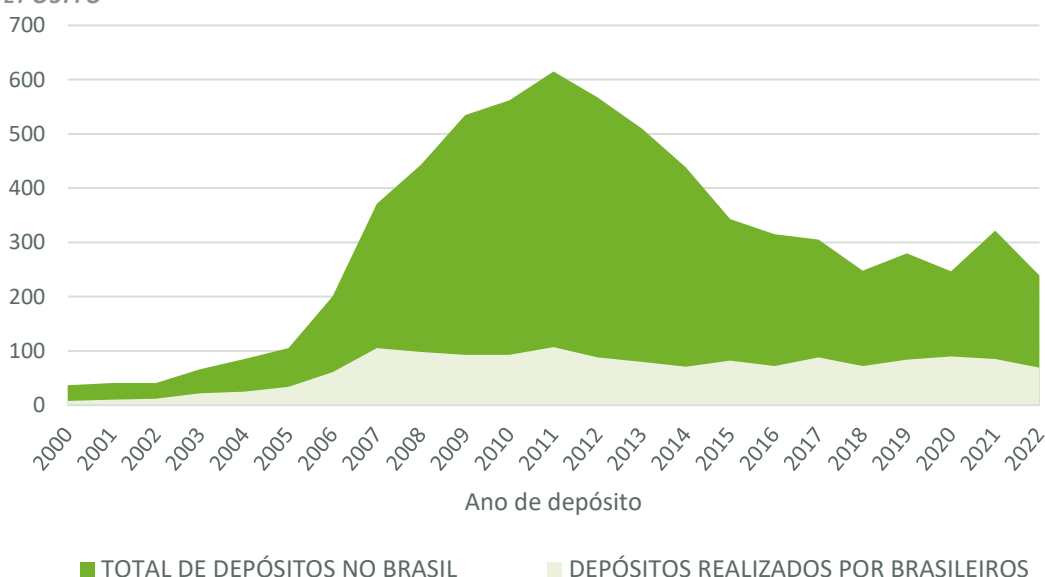
¹⁷ O detalhamento da metodologia utilizada é apresentado no Anexo 2.



3.2 Cenário de depósito de pedidos de patente de biocombustíveis no Brasil

Foram identificados 6.938 pedidos de patente relacionados a biocombustíveis depositados no Brasil entre os anos de 2000 e 2023. Ao longo da série temporal analisada, em relação ao número de depósito de pedidos de patentes por ano, verifica-se uma trajetória de acentuado crescimento na atividade de depósitos em biocombustíveis que é iniciada em 2002 e perdura até o ano de 2011, quando é registrado o máximo de 615 pedidos depositados em um único ano (**Figura 32**). Após 2011, o número de pedidos de patente depositados anualmente exibe progressivo decréscimo até 2018. Por outro lado, quando observados apenas os depósitos de pedidos de patente por depositantes brasileiros (área verde claro), nota-se um crescimento entre os anos de 2002 e 2007, seguido de uma estabilização no volume de depósitos anual.

FIGURA 32 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO



Fonte: Elaboração própria

As invenções relacionadas à biocombustíveis depositadas no Brasil têm como país de origem dos depositantes principalmente os EUA (32%) e o Brasil (23%). Verifica-se, portanto, que no conjunto analisado, a geração de pedidos de patente é concentrada nesses dois países, que somados representam a origem de mais da metade das invenções nessa área, buscando a proteção por patentes no Brasil (**Tabela 23**). As demais invenções de biocombustíveis identificadas têm sua origem distribuída entre diversos países, principalmente da Europa. Neste grupo destacam-se Alemanha, Holanda e França, como país de origem dos depositantes, cada país contribuindo com cerca de 6% do total de invenções de biocombustíveis depositadas no Brasil no período analisado.



TABELA 23 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DE ACORDO COM O PAÍS DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES E SUA PARTICIPAÇÃO RELATIVA NO TOTAL DE DEPÓSITOS EM BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL

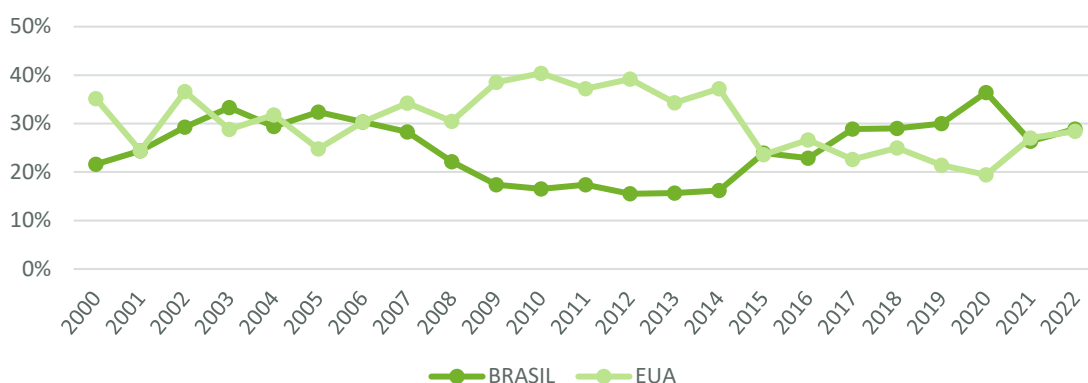
País de origem do depositante	Nº de depósitos	% do total de depósitos
1. EUA	2.217	32%
2. BRASIL	1.566	23%
3. ALEMANHA	404	6%
4. HOLANDA	389	6%
5. FRANÇA	388	6%
6. JAPÃO	301	4%
7. DINAMARCA	286	4%
8. FINLÂNDIA	233	3%
9. REINO UNIDO	196	3%
10. CANADÁ	169	2%
11. SUÍÇA	141	2%
12. ITÁLIA	123	2%
13. SUÉCIA	111	2%
14. CHINA	110	2%

Fonte: Elaboração própria

Como observado na **Tabela 23** e na **Figura 33**, EUA e Brasil foram os países líderes em tecnologias depositadas no Brasil durante todo o período analisado. No entanto, após o período inicial no qual os dois países foram responsáveis por um quantitativo semelhante de invenções - cerca de 30% do total anual de depósitos cada, o EUA estabeleceu uma ampla liderança no intervalo temporal compreendido entre 2007 a 2014. Nesse tempo os pedidos de patente de depositantes dos EUA representaram, em média, 36% das invenções depositadas no Brasil a cada ano, alcançando a marca de 40% em 2010, enquanto os depositantes brasileiros geraram, em média, 19% das invenções. A partir de 2017 o Brasil torna-se líder em número de depósito de pedidos de patente de biocombustíveis no país. No entanto, tal situação ocorre mais em razão da redução no número de depósitos com origem nos EUA do que da elevação da atividade de depósito por depositantes brasileiros – cujo número absoluto de depósitos por ano manteve-se em torno da média de 86 pedidos/ano desde 2007 (ver **Figura 33**).



FIGURA 33 - PARTICIPAÇÃO DE EUA E BRASIL COMO PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DEPOSITADAS NO BRASIL, POR ANO DE DEPÓSITO



Fonte: Elaboração própria

A dinâmica ao longo dos anos relativa aos depósitos de pedidos de patente de biocombustíveis pelos principais países geradores de invenções é apresentada na **Tabela 24**. Percebe-se os pedidos de depositantes dos EUA perdendo protagonismo na geração de invenções, com o Brasil assumindo a liderança em número de depósitos no período mais recente compreendido entre 2015 e 2023. No decorrer do tempo analisado, nota-se que o Japão reduziu sua participação entre as invenções de biocombustíveis depositadas no Brasil, enquanto países como Dinamarca e Finlândia demonstram uma trajetória ascendente, alcançando, cada um deles, 5 a 6% das invenções depositadas no Brasil no período mais recente (2015 a 2023).

TABELA 24 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE POR PERÍODO E PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PEDIDOS, DE ACORDO COM OS PRINCIPAIS PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DEPOSITADAS NO BRASIL

2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2023
[270 pedidos, 4%]	[1.655 pedidos, 24%]	[2.692 pedidos, 39%]	[1.491 pedidos, 21%]	[831 pedidos, 12%]
EUA [84, 31%]	EUA [555, 34%]	EUA [1.016, 38%]	BRASIL [398, 27%]	BRASIL [262, 31%]
BRASIL [77, 29%]	BRASIL [391, 24%]	BRASIL [439, 16%]	EUA [356, 24%]	EUA [206, 25%]
ALEMANHA [22, 8%]	ALEMANHA [123, 7%]	HOLANDA [196, 7%]	HOLANDA [91, 6%]	FRANÇA [48, 6%]
JAPÃO [17, 6%]	FRANÇA [97, 6%]	JAPÃO [157, 6%]	FINLÂNDIA [88, 6%]	ALEMANHA [43, 5%]
REINO UNIDO [12, 4%]	JAPÃO [62, 4%]	FRANÇA [153, 6%]	FRANÇA [84, 6%]	DINAMARCA [43, 5%]
SUÍÇA [9, 6%]	HOLANDA [56, 3%]	ALEMANHA [144, 5%]	DINAMARCA [80, 5%]	HOLANDA [40, 5%]
HOLANDA [6, 2%]	DINAMARCA [56, 3%]	DINAMARCA [103, 4%]	ALEMANHA [72, 5%]	FINLÂNDIA [38, 5%]
FRANÇA [6, 2%]	CANADÁ [53, 3%]	REINO UNIDO [65, 2%]	JAPÃO [58, 4%]	REINO UNIDO [28, 3%]
IRLANDA [5, 2%]	REINO UNIDO [48, 3%]	FINLÂNDIA [65, 2%]	REINO UNIDO [43, 3%]	CANADÁ [20, 2%]
DINAMARCA [4, 1%]	FINLÂNDIA [39, 2%]	CANADÁ [62, 2%]	CANADÁ [31, 2%]	SUÉCIA [19, 2%]
SUÉCIA [4, 1%]	SUÍÇA [30, 2%]	SUÍÇA [59, 2%]	ITÁLIA [31, 2%]	ITÁLIA [15, 2%]
ÍNDIA [4, 1%]	ITÁLIA [24, 2%]	CHINA [57, 2%]	SUÍÇA [30, 2%]	SUÍÇA [13, 2%]
ESPAÑA [4, 1%]	SUÉCIA [16, 1%]	ITÁLIA [50, 2%]	SUÉCIA [29, 2%]	ÍNDIA [11, 1%]
FINLÂNDIA [3, 1%]	CHINA [16, 1%]	SUÉCIA [43, 2%]	CHINA [28, 2%]	HUNGRIA [10, 1%]

Fonte: Elaboração própria



Os depositantes com maior número de pedidos de patente relacionados à biocombustíveis no Brasil estão listados na **Tabela 25**. Deste grupo, dez depositantes estão associados aos EUA, sendo nove empresas e uma universidade: IFF/Danisco/Dupont Nutrition Bioscience¹⁸, Xyleco, Dupont¹⁹, Butamax Advanced Biofuels²⁰, Chevron, Lanzatech, Genomatica Inc, Dow/Rohm and Haas/Union Carbide, UOP LLC, e University of California. Já pelo Brasil estão entre os principais depositantes a empresa Petrobras e as universidades Estadual de Campinas – UNICAMP, Federal do Paraná – UFPR e Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Entre os principais depositantes estão listadas ainda as empresas alemãs Basf, Bayer/Monsanto²¹ e Evonik; as holandesas Shell e DSM/Firmenich; as francesas IFP Energies Nouvelles e Totalenergies; a japonesa Toray Industries; as dinamarquesas Novozymes²² e Topsoe; as finlandesas Neste e Upm-Kymmene Corporation; a britânica BP²³; e as canadenses Lallemand/Danstar Ferment²⁴ e Iogen Energy Corporation; e a italiana ENI/Versalis.

Os principais depositantes de pedidos de patente relacionados a biocombustíveis ao longo da série temporal analisada são apresentados na **Tabela 26**. Verifica-se que as empresas líderes em invenções depositadas no Brasil vêm atuando com relevância no cenário de biocombustíveis ao longo de todo o período analisado, tais como Novozymes, Shell, IFF/Danisco/Dupont Nutrition Bioscience, IFP Energies Nouvelles, Basf, Petróleo Brasileiro – Petrobras e DSM/Firmenich. Interessante notar que alguns dos principais depositantes listados na **Tabela 26** consolidaram uma participação relevante somente no período mais recente como, por exemplo, Neste (Finlândia), Lanzatech (EUA), ENI/Versalis (Itália), Universidade Federal do Paraná – UFPR (Brasil), Lallemand/Danstar Ferment (Canadá)²⁵, Topsoe (Dinamarca), UPM-Kymmene Corporation (Finlândia) e Poet Research (EUA). Todas essas empresas concentram 50% ou mais de seus depósitos de pedidos de patente do ano de 2015 em diante. Entre os depositantes que iniciaram ou intensificaram a geração de invenções no período mais recente cabe ainda destacar as empresas Granbio/API Intellectual Property Holdings/American Process Inc (Brasil)²⁶ e Carbon Technology Holdings (EUA) que figuram entre os depositantes com maior número de pedidos de patente nos períodos de 2010 a 2023. Por outro lado, algumas empresas, que figuravam com destaque entre os principais depositantes no início dos anos 2000, perderam

¹⁸ Incluídas no grupo as empresas *Danisco* e *Dupont Nutrition Bioscience*

¹⁹ Incluídas no grupo as empresas *E.I. Du Pont De Nemours and Company* e *Dupont Industrial Biosciences*

²⁰ *Butamax Advanced Biofuels* é uma *joint venture* entre as empresas *BP* e *DuPont*.

²¹ No grupo *Bayer/Monsanto* 59 dos seus 71 pedidos de patente registram a empresa dos EUA *Monsanto Technology LLC* como depositante. A *Monsanto* foi adquirida pela *Bayer* em 2018.

²² O grupo *Novozymes* apresenta 77% dos seus pedidos com Dinamarca como país do depositante, e 33% com os EUA como país do depositante – através dos depósitos realizados pelas empresas *Novozymes North America, Inc.* e *Novozymes Inc.*

²³ O grupo *BP* apresenta 57% dos seus pedidos com EUA como país do depositante - através dos depósitos realizados pela empresa *BP Corporation North America Inc.* e 45% dos seus pedidos de patente com país de origem do depositante sendo o Reino Unido.

²⁴ O grupo *Lallemand/Danstar Ferment* apresenta 96% dos seus pedidos de patente com Hungria como país de origem do depositante por meio da empresa *Lallemand Hungary Liquidity Management LLC* e 46% com a Suíça como país de origem do depositante, em razão dos depósitos da empresa *Danstar Ferment Ag.*

²⁵ O grupo canadense *Lallemand/Danstar Ferment* apresenta 96% dos seus pedidos de patente indicando a Hungria como país do depositante, com os depósitos associados a empresa *Lallemand Hungary Liquidity Management LLC* e 46% com a Suíça como país de origem do depositante, em razão dos depósitos da empresa *Danstar Ferment Ag.*

²⁶ A empresa *GranBio* concluiu em 2019 a aquisição de 100% do capital da *American Process Inc.* e de empresas afiliadas, incluindo *AVAPCO LLC* e *API Intellectual Properties Holdings*. A empresa brasileira *Granbio* deposita todos os seus pedidos tendo como país de origem do depositante os EUA, por meio das empresas *Granbio Intellectual Property Holdings LLC*, *Granbio Services Inc.*, *API Intellectual Property Holdings LLC* e *American Process Inc.*, e, portanto, não figura no estudo como depositante brasileira.



protagonismo ao longo do tempo no cenário geral de pedidos de biocombustíveis depositados no Brasil, tais como Xyleco, Dupont, Butamax Advanced Biofuels²⁷, Genomatica Inc e UOP LLC, todas empresas dos EUA e com poucos pedidos depositados após 2014.

Nota-se também uma maior participação de brasileiros (destacados em azul na **Tabela 26**), principalmente universidades e instituições de pesquisa, entre os principais depositantes de pedidos de patentes de biocombustíveis no Brasil a partir de 2015.

TABELA 25 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS À BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes ²⁸	Número de pedidos de patente
1. NOVOZYMES	189
2. SHELL	179
3. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE	129
4. IFP ENERGIES NOUVELLES	121
5. NESTE	112
6. BASF	100
7. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS	95
8. DSM/FIRMENICH	94
9. XYLECO	88
10. DUPONT	86
11. BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS	73
12. BAYER/MONSANTO	71
13. CHEVRON	65
14. LANZATECH	62
15. TOTALENERGIES	61
16. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP	57
17. EVONIK	55
18. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE	49
19. TORAY INDUSTRIES	49
20. ENI/VERSALIS	48
21. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR	48
22. BP	47
23. GENOMATICA INC	47
24. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT	46
25. IOGEN ENERGY CORPORATION	42
26. TOPSOE	42
27. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ	42
28. UOP LLC	42
29. UPM-KYMMENE CORPORATION	40
30. UNIVERSITY OF CALIFORNIA	38

Fonte: Elaboração própria

²⁷ Butamax Advanced Biofuels é uma joint venture entre as empresas BP e DuPont.

²⁸ A designação das empresas listadas na figura agrupa sob a mesma identificação: a empresa principal, as empresas afiliadas, subsidiárias e adquiridas, incluindo tanto as ativas quanto as extintas no processo de fusões e aquisições. Deste modo algumas das empresas listadas podem estar associadas a mais de um país por englobarem depositantes distintos.



TABELA 26 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DOS 20 PRINCIPAIS DEPOSITANTES²⁹ DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL POR PERÍODO

2000-2004 [270 pedidos]	2005-2009 [1.655 pedidos]	2010-2014 [2.692 pedidos]	2015-2019 [1.491 pedidos]	2020-2023 [831 pedidos]
1. CARGIL [8]	1. NOVOZYMES [44]	1. SHELL [123]	1. NESTE [58]	1. NESTE [20]
2. DIVERSA CORPORATION [7]	2. DUPONT [39]	2. NOVOZYMES [81]	2. NOVOZYMES [43]	2. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE [19]
3. COGNIS [6]	3. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE [34]	3. XYLECO [53]	3. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE [36]	3. NOVOZYMES [19]
4. VERENIUM CORPORATION [6]	4. PETRÓLEO BRASILEIRO-PETROBRAS [28]	4. IFP ENERGIES NOUVELLES [51]	4. IFP ENERGIES NOUVELLES [31]	4. CARBON TECHNOLOGY HOLDINGS [18]
5. AAE TECHNOLOGIES INTERNATIONAL PLC [5]	5. XYLECO [28]	5. BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS [49]	5. SHELL [30]	5. IFP ENERGIES NOUVELLES [16]
6. EXXONMOBIL [5]	6. BASF [25]	6. DSM/FIRMENICH [43]	6. DSM/FIRMENICH [27]	6. LANZATECH [16]
7. MIDWEST RESEARCH INSTITUTE [5]	7. BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS [23]	7. DUPONT [41]	7. LANZATECH [25]	7. PETRÓLEO BRASILEIRO-PETROBRAS [16]
	8. IFP ENERGIES NOUVELLES [23]	8. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE [38]	8. BASF [24]	8. SHELL [15]
	9. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE [20]	9. BASF [35]	9. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [22]	9. TOPSOE [14]
	10. CHEVRON [20]	10. BP [32]	10. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT [20]	10. BASF [13]
	11. GENOMATICA INC [18]	11. CHEVRON [30]	11. ENI/VERSALIS [19]	11. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT [11]
	12. UOP LLC [18]	12. BAYER/MONSANTO [28]	12. TORAY INDUSTRIES [18]	12. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [10]
	13. BAYER/MONSANTO [17]	13. EVONIK [28]	13. TOTALENERGIES [18]	13. BAYER/MONSANTO [9]
	14. IOGEN ENERGY CORPORATION [16]	14. TORAY INDUSTRIES [28]	14. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [18]	14. DSM/FIRMENICH [9]
	15. ARKEMAN [15]	15. PETRÓLEO BRASILEIRO-PETROBRAS [27]	15. POET RESEARCH [17]	15. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS [8]
	16. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [15]	16. TOTALENERGIES [27]	16. BAYER/MONSANTO [16]	16. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO [8]
	17. ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY [14]	17. KIOR INC [26]	17. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS [14]	17. UPM-KYMMENE CORPORATION [8]
	18. NESTE [14]	18. GENOMATICA INC [23]	18. EVONIK [13]	18. CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE [7]
	19. DSM/FIRMENICH [13]	19. GRANBIO/API INTELLECTUAL PROPERTY HOLDINGS/ AMERICAN PROCESS INC [21]	19. TOPSOE [13]	19. CHEVRON [7]
	20. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [13]	20. CODEXIS [20]	20. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [12]	20. EUROPEENNE DE BIOMASSE [7]
		21. INEOS [20]		21. GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A. [7]
		22. UOP LLC [20]		22. SEKAB E-TECHNOLOGY [7]

Fonte: Elaboração própria

O conjunto de pedidos de patente que compõem este estudo foi analisado quanto à associação das invenções descritas nos documentos de patente com alguns tipos de

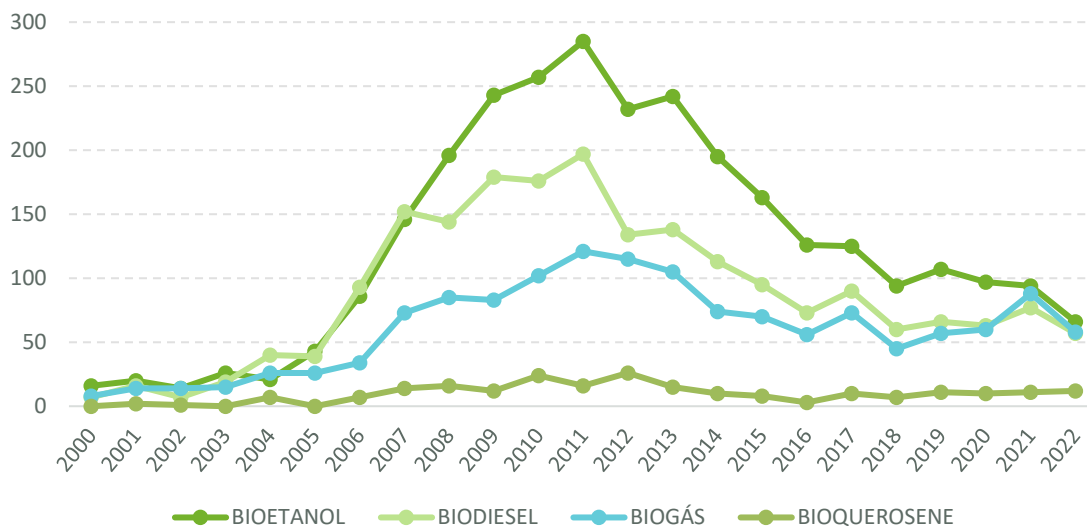
²⁹ São apresentados somente depositantes com 5 ou mais pedidos de patente no período.



biocombustíveis específicos, a saber: bioetanol, biodiesel, biogás e bioquerosene. O bioetanol é o tipo de biocombustível predominante nos pedidos de patente depositados no Brasil, associado a 42% das invenções identificadas, seguido do biodiesel, que está associado a 29% delas. Já as invenções relacionadas a biogás alcançam 20% dos pedidos de biocombustíveis, enquanto o bioquerosene está ligado a somente 3% dos pedidos de patente depositados no país no período analisado.

Espelhando a trajetória observada para a análise agregada de biocombustíveis observada anteriormente na **Figura 34**, bioetanol, biodiesel e biogás experimentaram um crescimento contínuo nos números de depósitos anuais a partir dos anos referentes ao início da análise até o ano de 2011 (**Figura 34**). Após 2011, bioetanol, biodiesel e biogás apresentaram um contínuo decréscimo no número anual de depósitos de pedidos de patente no Brasil. Nos anos mais recentes da análise, essa trajetória descendente parece ter sido, em parte, revertida. Entre 2018 e 2021 verifica-se que o número anual de depósitos de pedidos de patente relacionadas ao bioetanol mantiveram-se estáveis, enquanto biodiesel e biogás demonstram tendência de elevação (com uma taxa média de crescimento anual de depósitos, entre 2018 e 2021, de 9% e 26%, respectivamente). O bioquerosene, quando comparado aos demais tipos de biocombustíveis, possui um número pequeno de pedidos de patente depositados no Brasil, em sua maioria acumulados entre 2007 e 2013, sendo observada uma média de 9 pedidos depositados por ano após esse período.

FIGURA 34 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE POR CATEGORIA DE BIOCMBUSTÍVEL NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO

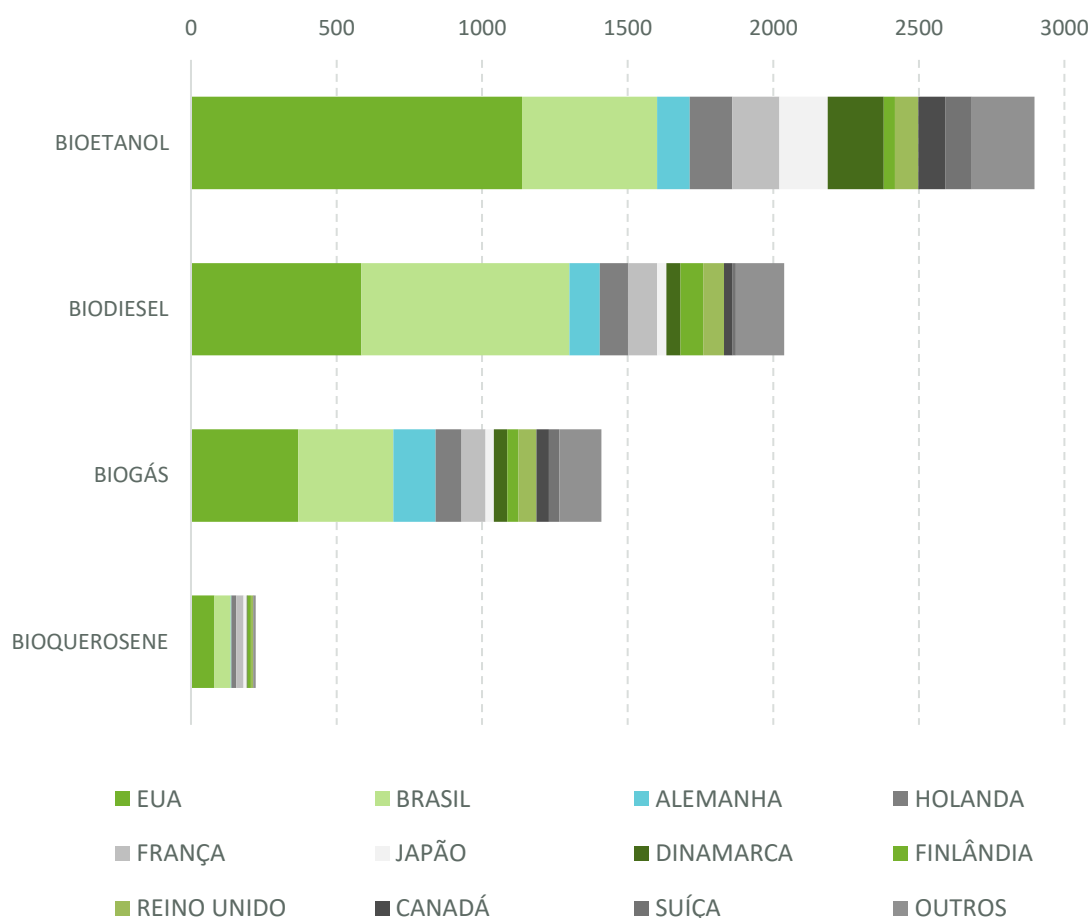


Fonte: Elaboração própria

Os EUA é o líder em relação aos principais países de origem dos depositantes de pedidos de patente no Brasil, relacionados à bioetanol, biogás e bioquerosene, com o Brasil figurando em segundo lugar na produção de invenções depositadas para esses biocombustíveis. Já em relação ao biodiesel, o Brasil é o principal país de origem dos depositantes dos pedidos de patente no país, seguido dos EUA (**Figura 35**).



FIGURA 35 - NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL ENTRE 2000-2023 POR CATEGORIA DE BIOCOMBUSTÍVEIS E PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE



Fonte: Elaboração própria

Avaliando os esforços inventivos de cada país para os diferentes tipos de biocombustível é possível identificar seus perfis de atuação nos campos dos biocombustíveis. Os países que dedicam maior percentual de suas invenções para bioetanol são Dinamarca e Suíça, com mais de 65% de suas invenções depositadas no Brasil associadas este biocombustível, o foco em bioetanol também é observado em EUA, Japão e Canadá, que dispõe de mais de 50% de suas invenções nessa área. Já na categoria biodiesel o destaque é para o Brasil, que dedicou 46% de suas invenções ao tema. Alemanha e Reino Unido possuem uma atuação mais marcada na categoria biogás, tendo dedicado 36 e 28% de todas as suas invenções de biocombustíveis com pedido de patente depositados no Brasil a este campo. Quanto ao bioquerosene, a França se destaca com 7% de seus pedidos de patente de biocombustível depositados no Brasil relacionados a esse tema.

TABELA 27 - NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE DE ACORDO COM OS DIFERENTES CAMPOS E SUBCAMPOS TECNOLÓGICOS³⁰ E TIPOS DE BIOCOMBUSTÍVEIS³¹

		TIPO DE BIOCOMBUSTÍVEL			
		BIOETANOL [2.897]	BIODIESEL [2.038]	BIOGÁS [1.410]	BIOQUEROSENE [222]
CAMPO TECNOLÓGICO	1. QUÍMICA [6.480]	2.773	1.880	1.319	209
	1.1. BIOTECNOLOGIA [2.827]	1.966	413	459	18
	1.2. QUÍMICA DE MATERIAIS BÁSICOS [2.714]	595	1.200	553	176
	1.3. ENGENHARIA QUÍMICA [1.005]	334	382	212	39
	1.4. QUÍMICA ORGÂNICA FINA [993]	367	451	174	61
	1.5. TECNOLOGIA AMBIENTAL [702]	125	95	390	10
	1.6. QUÍMICA DE ALIMENTOS [579]	400	93	91	3
	2. ENGENHARIA MECÂNICA [807]	298	197	171	13

Fonte: Elaboração própria

Como a apresentado na Erro! Fonte de referência não encontrada., os pedidos de patente concentram-se no campo tecnológico da química, com quase a totalidade das invenções de biocombustíveis identificadas sendo classificadas neste campo. Entre os subcampos tecnológicos da área de química, a biotecnologia e a química de materiais básicos são os mais relevantes em número de depósito. A biotecnologia é predominante entre os pedidos relacionados à bioetanol, envolvendo 68% das invenções deste tipo de biocombustível. As tecnologias contidas neste grupo de pedidos envolvem fermentações e reações enzimáticas com diferentes tipos de compostos sacarídeos, principalmente relacionadas ao tratamento e processamento da celulose. Estas invenções abrangem produtos e processos envolvendo microrganismos e enzimas, incluindo versões modificadas por engenharia genética. A química de alimentos também é uma área relevante para o bioetanol dada a aplicação de processamento de biomassa vegetal, bem como a utilização de plantas submetidas à engenharia genética. As empresas líderes em depósitos relacionados a bioetanol, tais como Novozymes, IFF/Danisco/Dupont Nutrition Bioscience, DSM/Firmenich, IFP Energies Nouvelles, Dupont, Lallemand/Danstar Ferment, Iogen Energy Corporation e Lanzatech aplicam intensamente a biotecnologia no desenvolvimento de suas invenções, com 80 a 100% de seus pedidos de patentes classificados sob este tipo de tecnologia.

Por outro lado, a química de materiais básicos é o subcampo prevalente nos pedidos de patente relacionados à biodiesel. Neste grupo as tecnologias estão relacionadas a reações químicas com ácidos graxos/óleos, incluindo processo de extração e também de preparação de ácidos graxos com modificações químicas, principalmente através de reações de transesterificação. As invenções categorizadas neste subcampo tecnológico estão voltadas para

³⁰ Os campos e subcampos tecnológicos apresentados neste estudo são baseados na [Tabela de Correspondência] proposta pela WIPO com base na Classificação Internacional de Patentes (CIP).

³¹ Os números entre colchetes representam a quantidade de pedidos de patente total por campo tecnológico e por tipo de combustível.



a produção e refino de misturas líquidas de hidrocarboneto a partir de matéria orgânica, com reações químicas envolvendo catalizadores. As principais depositantes de pedidos de biodiesel, Shell, Petróleo Brasileiro – Petrobras, Neste e Chevron aplicam tecnologias deste campo em mais de 70% de suas invenções.

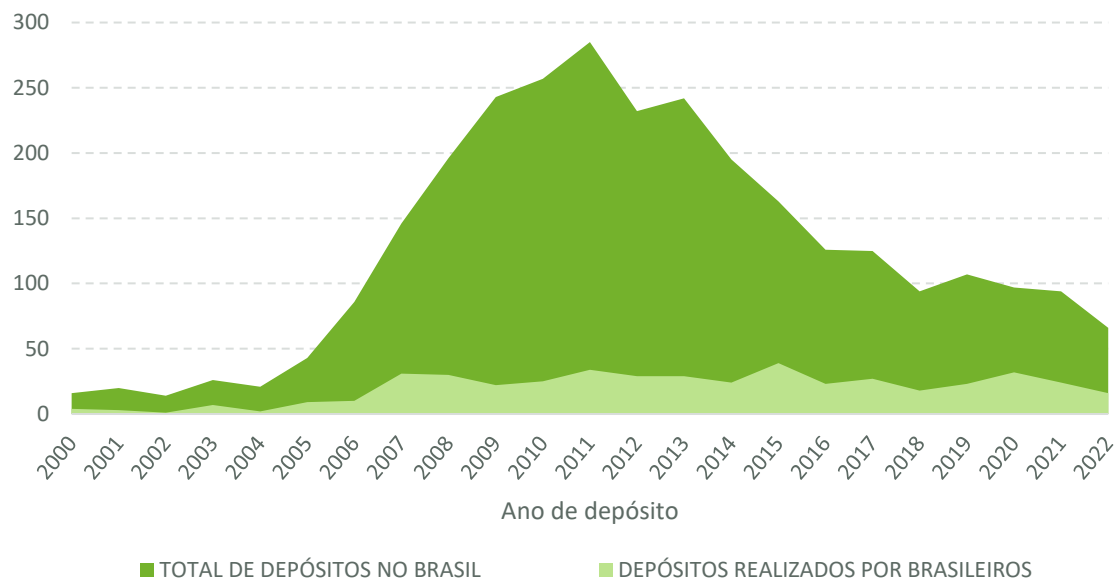
Em relação aos pedidos de patente de biogás um campo que aparece com relevância é o de tecnologia ambiental, envolvendo o aproveitamento e tratamento biológico de resíduos, bem como os processos envolvendo a separação, recuperação e purificação de gases ou vapores. Nesta área da tecnologia destacam-se os depositantes Evonik, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Veolia e Geo Energética Participações S.A., as quais apresentam a maioria de seus pedidos de patente relacionados ao campo da tecnologia ambiental.

O campo tecnológico da engenharia mecânica abarca somente 12% dos pedidos de patente apresentando como principais tecnologias descritas nos pedidos de patente aquelas associadas ao tratamento e processamento de celulose, e tendo como principais depositantes neste campo as empresas Shell, Valmet, Granbio/Api Intellectual Property Holdings/American Process Inc, Xyleco e Iogen Energy Corporation.

3.2.1 Cenário de depósito de pedidos de patente de bioetanol no Brasil

Foram identificados 2.897 pedidos de patente de bioetanol no conjunto de pedidos de patente relacionados a biocombustíveis depositados no Brasil a partir do ano 2000. Ao longo do período analisado, em relação ao conjunto total de documentos associados a bioetanol, foi verificada uma elevação no número de depósitos de pedidos de patente a partir de 2002 que se estende até 2011, com um pico no número de depósitos de 285 pedidos de patente (**Figura 36**). Após 2011 o número de pedidos de patente apresenta acentuado decréscimo. Por outro lado, quando observamos o recorte de pedidos de patentes de depositantes brasileiros (área verde clara) nota-se um aumento gradual no número de depósitos a partir de 2004, com certa estabilização após 2007.

As invenções relacionadas a bioetanol depositadas no Brasil têm como país de origem dos depositantes principalmente os EUA (39%) e o Brasil (16%), como exposto na **Tabela 28**. As demais invenções estão distribuídas entre vários países, com destaque para Dinamarca, Japão, França, Holanda e Alemanha, cada um desses países contribuindo com entre 4 e 7% do total de invenções de bioetanol identificadas neste estudo.

**FIGURA 36 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIOETANOL DEPOSITADOS NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO**

Fonte: Elaboração própria

TABELA 28 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE POR PAÍS DE ORIGEM DO DEPOSITANTE DAS INVENÇÕES DE BIOETANOL E SUA PARTICIPAÇÃO RELATIVA NO TOTAL DE DEPÓSITOS NESTA CATEGORIA

País de origem do depositante	Número de pedidos de patente	% do total de depósitos de pedidos de patente
1. EUA	1.137	39%
2. BRASIL	464	16%
3. DINAMARCA	192	7%
4. JAPÃO	166	6%
5. FRANÇA	162	6%
6. HOLANDA	146	5%
7. ALEMANHA	112	4%
8. CANADÁ	93	3%
9. SUÍÇA	91	3%
10. REINO UNIDO	80	3%

Fonte: Elaboração própria

A progressão dos depósitos de pedidos de patente de bioetanol no Brasil ao longo do tempo em função dos diferentes países de origem dos depositantes pode ser observado na **Tabela 29**. Os EUA foi o líder em número de depósitos durante todo o período analisado. No período compreendido entre 2010-2014 os depositantes estadunidenses exibiram uma elevada atividade de depósito de pedidos de patente nessa área, sendo responsável por quase a metade dos depósitos relacionados a etanol no Brasil. No entanto, a partir de 2011 verifica-se um decréscimo no número de depósitos anuais que apresentam como país de origem do depositante os EUA e, desde 2020, o Brasil e EUA passam a apresentar números semelhantes de pedidos de patente. No transcorrer do tempo, percebe-se os EUA perdendo protagonismo na



geração de invenções de bioetanol depositadas no Brasil, saindo de 554 pedidos depositados entre 2010 e 2014, equivalente a 46% do total de invenções depositadas no período, para 261 entre 2015 e 2023, ou seja, 30% do total de invenções depositadas no período.

Nota-se também uma ascensão da Dinamarca como país de origem dos depositantes de invenções relacionadas à bioetanol ao longo do período estudado, saindo da 9ª posição entre 2000-2004 para a terceira posição a partir de 2015. Por outro lado, o Reino Unido, que aparecia na terceira posição do *ranking* de país de origem dos depositantes no primeiro período estudado, tem a participação diminuída ao longo dos anos, chegando a não estar entre os 10 principais países de origem das tecnologias depositadas no Brasil entre 2010 e 2019.

TABELA 29 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DE ACORDO COM OS PRINCIPAIS PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOETANOL DEPOSITADAS NO BRASIL E PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE PEDIDOS DA CATEGORIA POR PERÍODO

2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2023
[97 pedidos, 3%]	[714 pedidos, 25%]	[1.211 pedidos, 42%]	[615 pedidos, 21%]	[261 pedidos, 9%]
EUA [39, 40%]	EUA [284, 40%]	EUA [553, 46%]	EUA [186, 30%]	BRASIL [75, 29%]
BRASIL [17, 18%]	BRASIL [102, 14%]	BRASIL [141, 12%]	BRASIL [130, 21%]	EUA [75, 28%]
REINO UNIDO [7, 7%]	FRANÇA [47, 7%]	JAPÃO [93, 8%]	DINAMARCA [55, 9%]	DINAMARCA [17, 6%]
JAPÃO [6, 6%]	DINAMARCA [43, 6%]	DINAMARCA [74, 6%]	HOLANDA [39, 6%]	FRANÇA [12, 5%]
SUÍÇA [6, 6%]	CANADÁ [36, 5%]	HOLANDA [73, 6%]	FRANÇA [38, 6%]	SUÍÇA [12, 5%]
ALEMANHA [5, 5%]	JAPÃO [34, 5%]	FRANÇA [64, 5%]	JAPÃO [30, 5%]	HOLANDA [10, 4%]
IRLANDA [5, 5%]	ALEMANHA [34, 5%]	ALEMANHA [40, 3%]	ALEMANHA [23, 4%]	ALEMANHA [10, 4%]
SUÉCIA [4, 4%]	REINO UNIDO [33, 5%]	SUÍÇA [39, 3%]	SUÍÇA [20, 3%]	HUNGRIA [10, 4%]
DINAMARCA [3, 3%]	HOLANDA [22, 3%]	CANADÁ [36, 3%]	HUNGRIA [20, 3%]	REINO UNIDO [8, 3%]
	SUÍÇA [14, 2%]	CHINA [24, 2%]	ITÁLIA [19, 3%]	

Fonte: Elaboração própria

Os vinte depositantes com maior número de pedidos de patente relacionados a bioetanol depositados no Brasil estão listados na **Tabela 30**. Deste grupo, sete depositantes são empresas cujo país do depositante é os EUA: IFF/Danisco/Dupont Nutrition Bioscience, Xyleco, Dupont, Lanzatech, Butamax Advanced Biofuels³², Poet Research e Archer Daniels Midland Company. Em relação às invenções cujo país de origem é o Brasil estão entre os principais depositantes as empresas Petróleo Brasileiro – Petrobras e a Granbio³³, contudo, todos os pedidos de patente realizados por esta última têm como país de origem do depositante os EUA. No *ranking* apresentado na **Tabela 30** destacam-se ainda a depositante dinamarquesa Novozymes³⁴, a japonesa Toray Industries, as francesas IFP Energies Nouvelles e Centre National

³² Butamax Advanced Biofuels é uma joint venture entre as empresas BP e DuPont.

³³ A empresa GranBio concluiu em 2019 a aquisição de 100% do capital da American Process Inc. e de empresas afiliadas, incluindo AVAPCO LLC e API Intellectual Properties Holdings. A empresa brasileira Granbio deposita todos os seus pedidos tendo como país de origem do depositante os EUA, por meio das empresas Granbio Intellectual Property Holdings LLC, Granbio Services Inc., API Intellectual Property Holdings LLC e American Process Inc.

³⁴ O grupo Novozymes apresenta 76% dos seus pedidos associados a bioetanol com origem do depositante identificado como Dinamarca, e 35% como EUA – através dos depósitos realizados pelas empresas Novozymes North America, Inc. e Novozymes Inc.



de la Recherche Scientifique-CNRS, as holandesas DSM/Firmenich e Shell, a alemã Basf, as canadenses Iogen Energy Corporation e Lallemand/Danstar Ferment³⁵, a britânica BP³⁶, a italiana ENI/Versalis³⁷, e a chinesa Jupeng Bio³⁸.

TABELA 30 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOETANOL NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes	Nº de pedidos de patente
1. NOVOZYMES	166
2. IFF/DANISCO/DUPONT NUTRITION BIOSCIENCE	112
3. XYLECO	80
4. DSM/FIRMENICH	73
5. IFP ENERGIES NOUVELLES	71
6. DUPONT	64
7. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT	46
8. LANZATECH	42
9. IOGEN ENERGY CORPORATION	41
10. BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS	39
11. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS	39
12. BASF	37
13. SHELL	36
14. POET RESEARCH	35
15. ENI/VERSALIS	32
16. BP	30
17. TORAY INDUSTRIES	29
18. GRANBIO/API INTELLECTUAL PROPERTY HOLDINGS/AMERICAN PROCESS INC	27
19. ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY	25
20. CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE-CNRS	25
21. JUPENG BIO	25

Fonte: Elaboração própria

Os dez principais depositantes de pedidos de patente de bioetanol no Brasil a cada período compreendido na linha temporal analisada são apresentados na **Tabela 31**. Verifica-se que as empresas Novozymes, IFF/Danisco/Dupont Nutrition Bioscience, DSM/Firmenich e IFP Energies Nouvelles – todas empresas líderes em invenções relacionadas a biocombustíveis depositadas no Brasil, vêm atuando com relevância no cenário de bioetanol ao longo de todo o período analisado. Interessante notar que as empresas Lallemand/Danstar Ferment, Lanzatech, Poet Research e ENI/Versalis consolidaram sua participação somente no período mais recente

³⁵ O grupo *Lallemand/Danstar Ferment* apresenta 96% dos seus pedidos de patente com o país de origem do depositante a Hungria, com os depósitos associados a empresa *Lallemand Hungary Liquidity Management LLC* e 46% com país de origem do depositante a Suíça, em razão dos depósitos da empresa *Danstar Ferment Ag*.

³⁶ O grupo *BP* apresenta 60% dos seus pedidos associados a bioetanol com origem nos EUA - através dos depósitos realizados pela empresa *BP Corporation North America Inc.* e 40% dos seus pedidos de patente com origem do depositante no Reino Unido.

³⁷ 17 dos 32 pedidos de patente depositados pela empresa *ENI/Versalis* registram cotitularidade com o grupo *DSM/Firmenich*

³⁸ 17 dos 25 pedidos depositados pela empresa *Jupeng Bio* registram cotitularidade com a empresa *Ineos Bio*.



da análise, concentrando a maioria de seus depósitos a partir de 2015 (as duas primeiras com mais de 60% e as duas últimas com mais de 50% dos seus pedidos de patente no setor tendo sido depositados após 2015). Entre os depositantes que iniciaram ou intensificaram a geração de invenções no período mais recente cabe ainda destacar as empresas Cargil e Granbio/API Intellectual Property Holdings/American Process Inc, além das instituições brasileiras Centro Nacional de Pesquisa em Energia de Materiais – CNPEM, e as universidades Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" – UNESP, de São Paulo – USP, e Estadual de Campinas – UNICAMP, as quais figuram entre os depositantes com maior número de pedidos de patente nos períodos de 2015 a 2019 e de 2020 a 2023. Por outro lado, algumas empresas que eram protagonistas no período inicial da análise perderam relevo no período mais recente, como, por exemplo, as empresas Xyleco, Dupont, Butamax Advanced Biofuels³⁹, Archer Daniels Midland Company – todas figurando com um pequeno número de depósitos apresentados após 2015, inferior a 10% de seu total de invenções com depósito no Brasil.

TABELA 31 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DOS PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE INVENÇÕES RELACIONADAS À BIOETANOL NO BRASIL POR PERÍODO⁴⁰

2000-2004 [97 pedidos]	2005-2009 [714 pedidos]	2010-2014 [1.211 pedidos]	2015-2019 [615 pedidos]	2020-2023 [261 pedidos]
1. AAE TECHNOLOGIES INTERNATIONAL PLC [5]	1. NOVOZYMES [40]	1. NOVOZYMES [71]	1. NOVOZYMES [38]	1. IFF/DANISCO/DUPO NT NUTRITION BIOSCIENCE [19]
2. MIDWEST RESEARCH INSTITUTE [5]	2. IFF/DANISCO/DUPO NT NUTRITION BIOSCIENCE [28]	2. XYLECO [49]	2. IFF/DANISCO/DUPO NT NUTRITION BIOSCIENCE [34]	2. NOVOZYMES [15]
	3. XYLECO [27]	3. DUPONT [35]	3. DSM/FIRMENICH [23]	3. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT [11]
	4. DUPONT [23]	4. BUTAMAX ADVANCED BIOFUELS [34]	4. IFP ENERGIES NOUVELLES [23]	4. IFP ENERGIES NOUVELLES [9]
	5. IOGEN ENERGY CORPORATION [16]	5. DSM/FIRMENICH [33]	5. LALLEMAND/DANSTAR FERMENT [20]	5. LANZATECH [9]
	6. BASF [12]	6. SHELL [31]	6. LANZATECH [17]	6. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [8]
	7. VERENIUM CORPORATION [11]	7. IFF/DANISCO/DUPO NT NUTRITION BIOSCIENCE [29]	7. POET RESEARCH [15]	7. DSM/FIRMENICH [6]
	8. ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY [10]	8. IFP ENERGIES NOUVELLES [29]	8. ENI/VERSALIS [13]	8. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS [5]
	9. DSM/FIRMENICH [10]	9. BP [23]	9. CARGIL [11]	9. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" [5]
	10. IFP ENERGIES NOUVELLES [10]	10. TORAY INDUSTRIES [18]	10. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [11]	10. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO [5]
	11. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [10]			

Fonte: Elaboração própria

³⁹ Butamax Advanced Biofuels é uma joint venture entre as empresas BP e DuPont.

⁴⁰ São apresentados somente depositantes com 5 ou mais pedidos de patente no período.



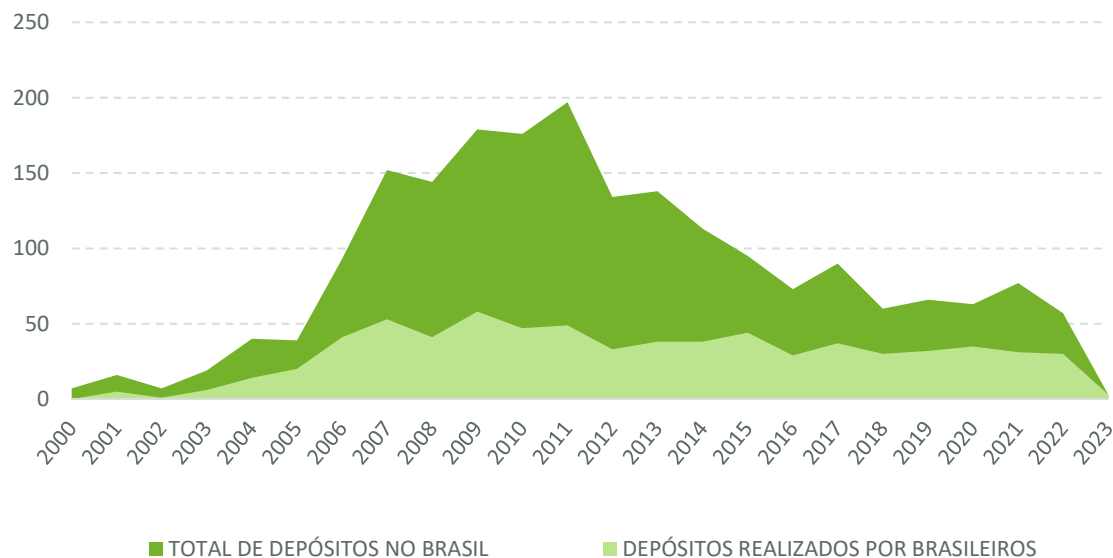
Nota-se também um protagonismo de instituições brasileiras que começam a se destacar no *ranking* de principais depositantes no Brasil de tecnologias relacionadas ao bioetanol, principalmente nos últimos anos do período estudado.

Energy Corporation, Granbio/API Intellectual Property Holdings/American Process Inc e Jupeng Bio dedicam mais de 80% das suas invenções a temáticas associadas a este biocombustível, enquanto que nas empresas canadenses Lallemand/Danstar Ferment, Poet Research, e Iogen Energy Corporation esses números alcançam entre 95 e 100%.

3.2.2 Cenário de depósito de pedidos de patente de biodiesel no Brasil

Foram identificados 2.038 pedidos de patente que tratam de biodiesel no conjunto de documentos relacionados a biocombustíveis depositados no Brasil entre 2000 e 2023. Ao longo do período analisado foi verificada uma elevação no número total de depósitos associados a biodiesel a partir de 2002 que se estende até 2011, com um pico de 197 pedidos de patente nesse ano (**Figura 37**). Após 2011 o número de pedidos de patente depositados anualmente exibe uma trajetória descendente. Quando analisado o recorte dos pedidos de patente de depositantes brasileiros (área verde clara), percebe-se um crescimento no volume de depósitos a partir de 2002, com um período de maior volume de depósitos entre 2007 e 2011 seguido de uma estabilização a partir de 2012.

FIGURA 37 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIODIESEL NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO



Fonte: Elaboração própria

As invenções de biodiesel depositadas no Brasil têm como país de origem dos depositantes principalmente o Brasil (35%) e os EUA (29%), conforme exposto na **Tabela 32**. As



demais invenções estão distribuídas entre vários países, com destaque para Alemanha, França e Holanda, cada um desses países contribuindo com 5% do total de invenções de biodiesel identificadas.

TABELA 32 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL DE ACORDO COM O PAÍS DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIODIESEL E SUA PARTICIPAÇÃO RELATIVA NO TOTAL DA CATEGORIA

País de origem dos depositantes	Nº de pedidos de patente	% do total de depósitos
1. BRASIL	715	35%
2. EUA	585	29%
3. ALEMANHA	104	5%
4. FRANÇA	100	5%
5. HOLANDA	97	5%
6. FINLÂNDIA	78	4%
7. REINO UNIDO	72	4%
8. DINAMARCA	48	2%
9. ITÁLIA	33	2%
10. JAPÃO	32	2%

Fonte: Elaboração própria

A dinâmica de depósito de pedidos de patente de biodiesel no Brasil ao longo do tempo por depositantes de diferentes países pode ser observada na **Tabela 33**. O Brasil aparece como o principal país de origem dos depositantes na maior parte do período analisado, com os depositantes dos EUA assumindo a liderança de depósitos somente no período compreendido entre 2009 a 2014.

TABELA 33 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIODIESEL E PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DA CATEGORIA DE ACORDO COM OS PRINCIPAIS PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DEPOSITADAS NO BRASIL POR PERÍODO

2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2023
[89 pedidos, 4%]	[607 pedidos, 30%]	[758 pedidos, 37%]	[384 pedidos, 19%]	[200 pedidos, 10%]
BRASIL [26, 29%]	BRASIL [213, 35%]	EUA [278, 37%]	BRASIL [172, 46%]	BRASIL [99, 49%]
EUA [25, 28%]	EUA [171, 28%]	BRASIL [205, 27%]	EUA [78, 20%]	EUA [33, 17%]
ALEMANHA [14, 16%]	ALEMANHA [42, 7%]	HOLANDA [58, 8%]	FINLÂNDIA [30, 8%]	FINLÂNDIA [11, 5%]
JAPÃO [6, 7%]	FRANÇA [28, 5%]	FRANÇA [48, 6%]	FRANÇA [19, 5%]	REINO UNIDO [10, 5%]
IRLANDA [5, 6%]	HOLANDA [19, 3%]	ALEMANHA [30, 4%]	REINO UNIDO [16, 4%]	DINAMARCA [10, 5%]
REINO UNIDO [3, 3%]	FINLÂNDIA [18, 3%]	REINO UNIDO [25, 3%]	DINAMARCA [13, 3%]	HOLANDA [8, 4%]
FRANÇA [2, 2%]	REINO UNIDO [18, 3%]	FINLÂNDIA [17, 2%]	HOLANDA [11, 3%]	ALEMANHA [7, 3%]
FINLÂNDIA [2, 2%]	ITÁLIA [14, 2%]	DINAMARCA [13, 2%]	ALEMANHA [11, 3%]	ITÁLIA [4, 2%]
CHINA [2, 2%]	DINAMARCA [12, 2%]	JAPÃO [13, 2%]	ITÁLIA [7, 2%]	FRANÇA [3, 1%]
ÁFRICA DO SUL [2, 2%]	CANADÁ [9, 1%]	CANADÁ [12, 2%]	CANADÁ [5, 1%]	PORTUGAL [3, 1%]
	JAPÃO [9, 1%]			

Fonte: Elaboração própria



A Alemanha, que aparece como terceiro país de origem das invenções depositadas no Brasil relacionadas a biodiesel na primeira década nos anos 2000 viu sua participação no total de invenções depositadas nesta categoria cair gradativamente de 16% para 3% ao longo do período estudado.

Os vinte depositantes com maior número de pedidos de patente de biodiesel no Brasil estão listados na **Tabela 34**. Deste grupo, seis depositantes são brasileiros: a empresa Petróleo Brasileiro – Petrobras, e as universidades Federal do Paraná – UFPR, Estadual de Campinas – UNICAMP, Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, Federal de Minas Gerais-UFMG e Federal da Bahia-UFBA. Há ainda as empresas dos EUA Chevron, Dow/Rohm and Haas/Union Carbide, Xyleco, The Lubrizol Corporation e UOP LLC; as alemãs Basf e Evonik; as francesas IFP Energies Nouvelles e Totalenergies; a holandesa Shell; a finlandesa Neste; britânica BP; e a dinamarquesa Novozymes; e a italiana ENI/Versalis.

TABELA 34 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIODIESEL NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes	Nº de depósitos
1. SHELL	76
2. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS	64
3. NESTE	57
4. CHEVRON	36
5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR	35
6. IFP ENERGIES NOUVELLES	32
7. BASF	29
8. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE	29
9. TOTALENERGIES-	27
10. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP	27
11. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ	27
12. XYLECO	26
13. BP	24
14. NOVOZYMES	24
15. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG	22
16. EVONIK	20
17. THE LUBRIZOL CORPORATION	19
18. UOP LLC	19
19. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA-UFBA	18
20. ENI/VERSALIS	16

Fonte: Elaboração própria

Os principais depositantes de pedidos de patente de biodiesel a cada período compreendido na linha temporal analisada são apresentados na **Tabela 35**. Verifica-se que Shell, Petróleo Brasileiro – Petrobras, Neste, Chevron, Universidade Federal do Paraná – UFPR, IFP Energies Nouvelles, Totalenergies, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, e Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ – todas depositantes líderes em invenções relacionadas a biodiesel no Brasil, vêm atuando com relevância no cenário de depósitos de



diesel ao longo de todo o período analisado. Interessante notar que entre esses depositantes a empresa Neste intensificou sua atividade de depósito no período mais recente da análise, concentrando mais de 60% de seus de depósitos a partir do ano de 2015. Entre os depositantes que iniciaram ou intensificaram a geração de invenções em biodiesel no período mais recente cabe ainda destacar Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, Universidade Estadual de Londrina, e também as empresas Topsoe e Brasil Bio Fuels S.A que figuram entre os depositantes com maior número de pedidos de patente nos períodos de 2015 a 2019 e de 2020 a 2023. Por outro lado, algumas empresas que eram protagonistas no período inicial da análise perderam relevo no período mais recente, como, por exemplo, as empresas Basf, Dow/Rohm and Haas/Union Carbide, Xyleco, BP, Evonik, The Lubrizol Corporation, e UOP LLC – todas figurando com um pequeno número de depósitos apresentados após 2015, inferior a 15% do seu total de depósitos.

TABELA 35 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DOS PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE INVENÇÕES RELACIONADAS À BIODIESEL NO BRASIL POR PERÍODO⁴¹

2000-2004 [89 pedidos]	2005-2009 [607 pedidos]	2010-2014 [758 pedidos]	2015-2019 [384 pedidos]	2020-2023 [200 pedidos]
1. COGNIS [6]	1. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [24]	1. SHELL [52]	1. NESTE [27]	1. NESTE [8]
2. AAE TECHNOLOGIES INTERNATIONAL PLC [5]	2. BASF [15]	2. XYLECO [24]	2. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [15]	2. TOPSOE [7]
	3. CHEVRON [14]	3. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [17]	3. TOTALENERGIES [10]	3. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [6]
	4. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE [13]	4. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [17]	4. SHELL [9]	4. SHELL [6]
	5. NESTE [12]	5. IFP ENERGIES NOUVELLES [17]	5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [9]	5. BRASIL BIO FUELS S.A [5]
	6. UOP LLC [12]	6. BP [17]	6. NOVOZYMES [8]	6. CHEVRON [5]
	7. IFP ENERGIES NOUVELLES [9]	7. CHEVRON [13]	7. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS [8]	7. CRISTINA DA MATA HERMIDA QUINTELLA [5]
	8. SHELL [9]	8. HELIAE DEVELOPMENT [13]	8. ENI/VERSALIS	8. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [5]
	9. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [8]	9. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE [12]	9. FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS [7]	
	10. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [8]	10. TOTALENERGIES [12]	10. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [7]	
		11. KIOR INC. [12]	11. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA [7]	

Fonte: Elaboração própria

Entre as principais depositantes as empresas Neste, Petróleo Brasileiro – Petrobras, Chevron, Dow/Rohm and Haas/Union Carbide, e BP, bem como as instituições de ensino e pesquisa brasileiras, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, Universidade Federal de Minas Gerais-UFGM, Fundação de Amparo à Pesquisa do

⁴¹ São apresentados somente depositantes com 5 ou mais pedidos de patente no período.

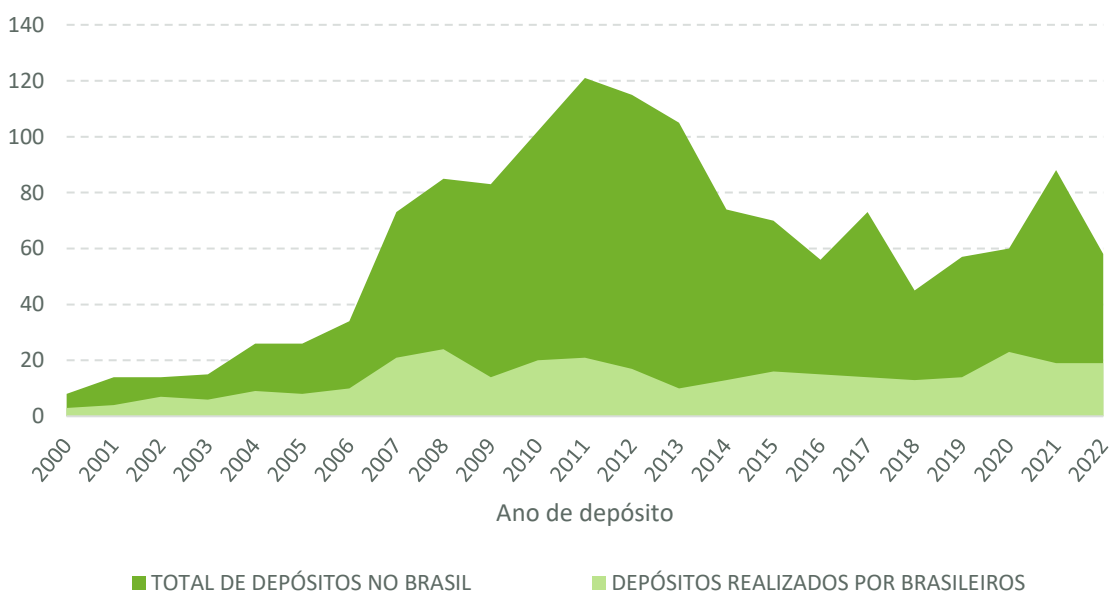


Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e Universidade Federal da Bahia- UFBA, dedicaram entre 51 e 78% de suas invenções em biocombustíveis à categoria de biodiesel. Já a empresa The Lubrizol Corporation possui 100% de suas invenções direcionadas a este tema. Estes dados indicam que tais organizações possuem especialização e atividade de inovação focada neste tema.

3.2.3 Cenário de depósito de pedidos de patente de biogás no Brasil

Foram identificados 1.410 pedidos de patente que tratam de biogás no conjunto de documentos relacionados a biocombustíveis depositados no Brasil a partir do ano 2000. Ao longo do período analisado foi verificada uma elevação no número total de depósitos de pedidos de patente feitos no Brasil associados a biogás a partir de 2003 que se estende até 2011, com um pico de 121 depósitos de pedidos de patente nesse ano (**Figura 38**). Após 2011 o número de pedidos de patente apresenta acentuado decréscimo até 2018, voltando a subir nos últimos anos analisados. Em relação aos pedidos de patente de depositantes brasileiros (área verde claro), observa-se um crescimento gradual desde o início do período analisado até 2008, seguido de uma pequena queda e estabilização entre 2009 e 2019, voltando a subir nos últimos anos da análise.

FIGURA 38 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIOGÁS DEPOSITADOS NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO



Fonte: Elaboração própria

As invenções relacionadas a biogás depositadas no Brasil têm como origem dos depositantes principalmente os EUA (26%) e o Brasil (23%) (**Tabela 36**). As demais invenções estão distribuídas entre vários países, com destaque para Alemanha contribuindo com 10% do total de invenções de biogás identificadas no Brasil entre 2000 e 2023.



TABELA 36 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE POR PAÍS DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOGÁS E SUA PARTICIPAÇÃO RELATIVA NO TOTAL DA CATEGORIA

País de origem dos depositantes	Nº de pedidos de patente	% do total de depósitos
1. EUA	369	26%
2. Brasil	326	23%
3. Alemanha	145	10%
4. Holanda	89	6%
5. França	83	6%
6. Reino Unido	61	4%
7. Dinamarca	46	3%
8. Canadá	43	3%
9. Finlândia	39	3%
10. Suíça	37	3%

Fonte: Elaboração própria

A progressão dos depósitos de pedidos de patente de biogás no Brasil ao longo do tempo, em função dos diferentes países de origem dos depositantes destes pedidos, pode ser observada na **Tabela 37**. EUA e Brasil foram os países líderes em número de depósitos durante todo o período analisado. No período compreendido entre 2005 e 2014 os depositantes estadunidenses realizaram mais depósitos que os brasileiros, e após 2015 as posições se invertem, com predominância de depósitos realizados por depositantes brasileiros.

TABELA 37 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DE ACORDO COM OS PAÍSES DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOGÁS DEPOSITADAS NO BRASIL E PARTICIPAÇÃO NO TOTAL DE DEPÓSITOS DA CATEGORIA POR PERÍODO

2000-2004	2005-2009	2010-2014	2015-2019	2020-2023
[77 pedidos, 5%]	[301 pedidos, 21%]	[517 pedidos, 37%]	[301 pedidos, 21%]	[214 pedidos, 15%]
BRASIL [29, 38%]	EUA [82, 27%]	EUA [162, 31%]	BRASIL [72, 24%]	BRASIL [67, 31%]
EUA [18, 23%]	BRASIL [77, 26%]	BRASIL [81, 16%]	EUA [65, 22%]	EUA [42, 20%]
REINO UNIDO [7, 9%]	ALEMANHA [42, 14%]	HOLANDA [56, 11%]	ALEMANHA [34, 11%]	FRANÇA [19, 9%]
ALEMANHA [6, 8%]	FRANÇA [14, 5%]	ALEMANHA [46, 9%]	FINLÂNDIA [18, 6%]	ALEMANHA [17, 8%]
SUÍÇA [4, 5%]	REINO UNIDO [12, 4%]	FRANÇA [33, 6%]	HOLANDA [15, 5%]	REINO UNIDO [15, 7%]
JAPÃO [4, 5%]	SUÍÇA [11, 4%]	REINO UNIDO [19, 4%]	FRANÇA [15, 5%]	CANADÁ [11, 5%]

Fonte: Elaboração própria

Os vinte depositantes com maior número de pedidos de patente relacionados a biogás depositados no Brasil estão listados na **Tabela 38**. Deste grupo, quatro são empresas localizadas nos EUA: Xyleco, Lanzatech, General Electric Company e Air Products and Chemicals; três depositantes são do Brasil: as empresas Geo Energética Participações S.A. e Petróleo Brasileiro - Petrobras e a Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG; outras três empresas são da Alemanha: Basf, Evonik e Thyssenkrupp/Uhde. No *ranking* de principais depositantes



encontram-se ainda as holandesas Shell e DSM/Firmenich; as dinamarquesas Novozymes⁴² e Topsoe; as britânicas BP⁴³ e Ineos⁴⁴; e a depositante finlandesa Neste.

TABELA 38 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOGÁS NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes	Nº de pedidos de patente
1. BASF	36
2. SHELL	35
3. XYLECO	25
4. EVONIK	22
5. DSM/FIRMENICH	19
6. LANZATECH	19
7. NOVOZYMES	19
8. NESTE	18
9. IFP ENERGIES NOUVELLES	16
10. BP	15
11. TOTALENERGIES	14
12. GENERAL ELECTRIC COMPANY	12
13. INEOS	11
14. THYSSENKRUPP/UHDE	11
15. TOPSOE	11
16. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG	11
17. VEOLIA	11
18. AIR PRODUCTS AND CHEMICALS	10
19. GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A.	10
20. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS	10

Fonte: Elaboração própria

Os principais depositantes de pedidos de patente de biogás no Brasil a cada período compreendido na linha temporal analisada são apresentados na **Tabela 39**. As empresas Basf, Lanzatech, Neste, Totalenergies, Topsoe e Geo Energética Participações S.A. vêm intensificando sua participação nas invenções de biogás no período mais recente da análise, concentrando a maioria de seus depósitos a partir de 2015 (entre 57% e 75%). Por outro lado, algumas empresas que eram protagonistas no período inicial da análise perderam relevo no período mais recente, tais como as empresas Xyleco, Novozymes, BP, Ineos e Thyssenkrupp/Uhde. Estes depositantes figuram com o número de depósitos apresentados após 2015 zerado ou muito baixo.

Depositantes brasileiros de pedidos de patente associados a biogás só começam a aparecer no *ranking* a partir de 2015. Nota-se que, no último período estudado, os dois

⁴² O grupo *Novozymes* apresenta 63% dos seus pedidos associados a biogás com país de origem do depositante identificado como Dinamarca, e 42% com origem nos EUA – através dos depósitos realizados pelas empresas das empresas *Novozymes North America, Inc.* e *Novozymes Inc.*

⁴³ O grupo *BP* apresenta 47% dos seus pedidos associados a biogás com país de origem dos depositantes sendo os EUA - através dos depósitos realizados pela empresa *BP Corporation North America Inc.* e 53% dos seus pedidos de patente com origem do depositante no Reino Unido.

⁴⁴ 9 dos 11 pedidos depositados pela empresa Ineos são em cotitularidade da empresa Ineos Bio (Suíça) com a empresa chinesa *Jupeng Bio*.



depositantes brasileiros que aparecem no *ranking*, Geo Energética Participações S.A e Universidade Tecnológica Federal do Paraná, tem origem no estado do Paraná.

TABELA 39 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE DOS PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE INVENÇÕES ASSOCIADAS A BIOGÁS NO BRASIL POR PERÍODO⁴⁵

2000-2004 [77 pedidos]	2005-2009 [301 pedidos]	2010-2014 [517 pedidos]	2015-2019 [301 pedidos]	2020-2023 [214 pedidos]
1. CIBA SPECIALTY CHEMICALS WATER TREATMENTS [4]	1. DUPONT [9]	1. SHELL [31]	1. BASF [15]	1. BASF [7]
	2. BEKON ENERGY TECHNOLOGIES GMBH [6]	2. XYLECO [20]	2. NESTE [10]	2. GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A. [7]
	3. NOVOZYMES [6]	3. DSM/FIRMENICH [15]	3. LANZATECH [9]	3. TOPSOE [6]
	4. XYLECO [5]	4. BASF [12]	4. ECOLAB USA INC. [6]	4. LANZATECH [5]
	5. THYSSENKRUPP/UHDE [5]	5. EVONIK [12]	5. IFP ENERGIES NOUVELLES [5]	5. AIR LIQUIDE [5]
	6. ARKEMA [5]	6. BP [12]	6. EVONIK [5]	6. ABUNDIA BIOMASS-TO-LIQUIDS LIMITED [5]
	7. UNIVERSITY OF CALIFORNIA [4]	7. NOVOZYMES [11]	7. TOTALENERGIES [5]	7. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ [4]
	8. PLASCOENERGY IP HOLDINGS, S.L., BILBAO, SCHAFFHAUSEN BRANCH [4]	8. GENERAL ELECTRIC COMPANY [9]	8. NICOLA ISIDORO MARTORANO FILHO [4]	
	9. SANSUY S/A INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS [4]	9. IFP ENERGIES NOUVELLES [8]	9. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS [4]	
		10. INEOS [8]		

Fonte: Elaboração própria

Entre as principais empresas depositantes no campo de biogás Basf, Lanzatech, Evonik, BP, Universidade Federal de Minas Gerais, Thyssenkrupp/Uhde, Ineos e General Electric Company dedicam mais de 30% das suas invenções a temáticas associadas ao biogás, e nas empresas Air Products and Chemicals, Veolia, e Geo Energética Participações S.A. esses números alcançam 83, 92 e 100% das invenções, respectivamente.

3.2.4 Cenário de depósito de pedidos de patente de bioquerosene no Brasil

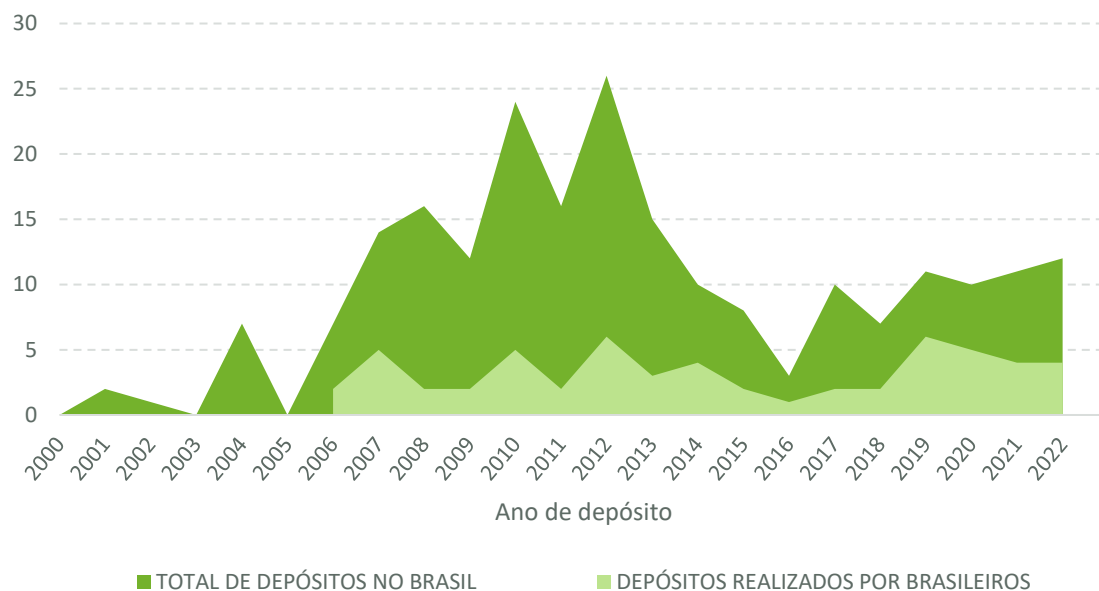
Foram identificados 222 pedidos de patente que tratam de bioquerosene no conjunto de documentos relacionados a biocombustíveis. O bioquerosene, quando comparado aos

⁴⁵ São apresentados somente depositantes com 4 ou mais pedidos de patente no período.



demais tipos de biocombustíveis, possui um número pequeno de pedidos de patente depositados no Brasil, em sua maioria acumulados entre 2007 e 2013 (**Figura 39**).

FIGURA 39 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIOQUEROSENE DEPOSITADOS NO BRASIL POR ANO DE DEPÓSITO



Fonte: Elaboração própria

As invenções de bioquerosene depositadas no Brasil têm como origem dos depositantes principalmente os EUA (36%), Brasil (26%) e França (12%), como exposto na **Tabela 40**.

TABELA 40 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DE PEDIDOS DE PATENTE POR PAÍS DE ORIGEM DOS DEPOSITANTES DAS INVENÇÕES DE BIOQUEROSENE E SUA PARTICIPAÇÃO RELATIVA NO TOTAL DA CATEGORIA

País de origem dos depositantes	Nº de pedidos de patente	% do total de depósitos
11. EUA	80	36%
12. Brasil	57	26%
13. França	26	12%
14. Holanda	16	7%
15. Finlândia	11	5%
16. Japão	11	5%

Fonte: Elaboração própria

Os dez depositantes com maior número de pedidos de patente relacionados a bioquerosene depositados no Brasil estão listados na **Tabela 41**. Deste grupo, dois são empresas localizadas nos EUA: Dow/Rohm and Haas/Union Carbide e Amyris; três depositantes são do Brasil: a empresa Petróleo Brasileiro - Petrobras e as universidades Federal do Paraná – UFPR e



Federal do Rio de Janeiro- UFRJ; outras três empresas são da França: IFP Energies Nouvelles, Arkema e Totalenergies. No *ranking* de principais depositantes encontram-se ainda a holandesa Shell e a finlandesa Neste.

TABELA 41 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOQUEROSENE NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes	Nº de pedidos de patente
1. IFP ENERGIES NOUVELLES	14
2. SHELL	13
3. NESTE	9
4. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS	9
5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR	8
6. DOW/ROHM AND HAAS/UNION CARBIDE	7
7. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ	6
8. AMYRIS	5
9. ARKEMA	5
10. TOTALENERGIES	5

Fonte: Elaboração própria

Entre as principais empresas depositantes no campo de bioquerosene IFP Energies Nouvelles, Dow/Rohm and Haas/Union Carbide, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, Amyris e Arkema dedicam mais de 10% das suas invenções em biocombustíveis para temáticas associadas ao bioquerosene.

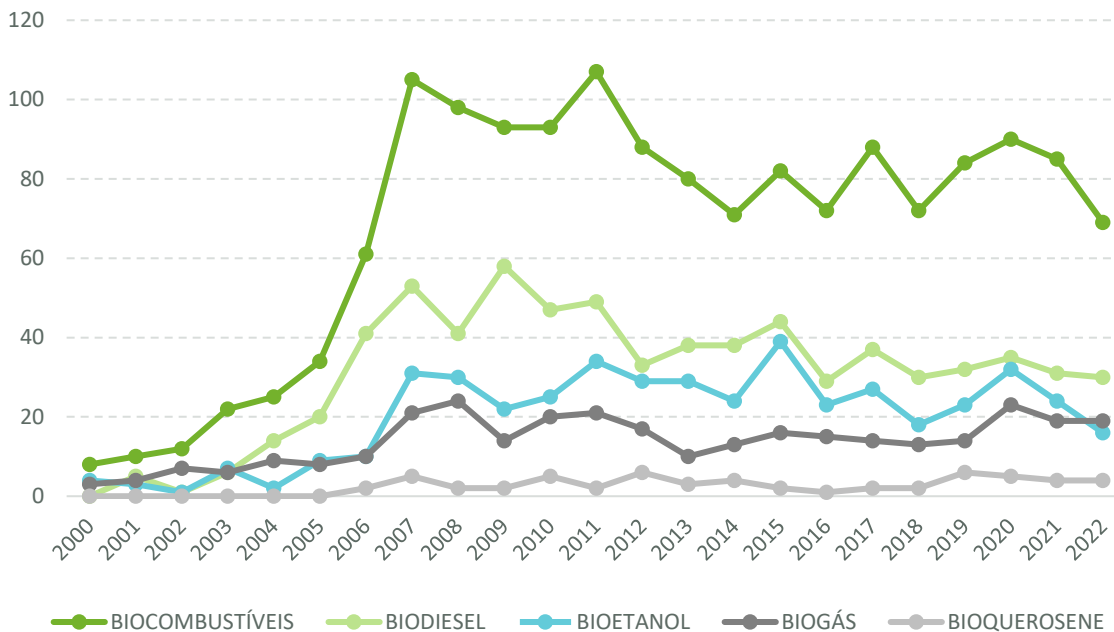
3.3. Cenário dos pedidos de patente de Biocombustíveis depositados no Brasil por depositantes brasileiros

Foram identificados no conjunto de dados que compõem este estudo 1.566 pedidos de patentes realizados por depositantes brasileiros relacionados a biocombustíveis, respondendo por 23% de todos os depósitos realizados no Brasil entre os anos 2000 e 2023 sobre esta temática.

Em relação às diferentes categorias de biocombustíveis, os depositantes brasileiros possuem uma maior concentração na atividade de depósito de pedidos de patente na categoria biodiesel (**Figura 40**), o que difere do cenário geral de pedidos de patente de biocombustíveis depositados no Brasil, no qual, considerando os pedidos de patentes originários de qualquer país, a categoria predominante é o bioetanol.



FIGURA 40 - NÚMERO PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS NO BRASIL REALIZADOS POR DEPOSITANTES BRASILEIROS POR ANO DE DEPÓSITO E CATEGORIA DO BIOCOMBUSTÍVEL



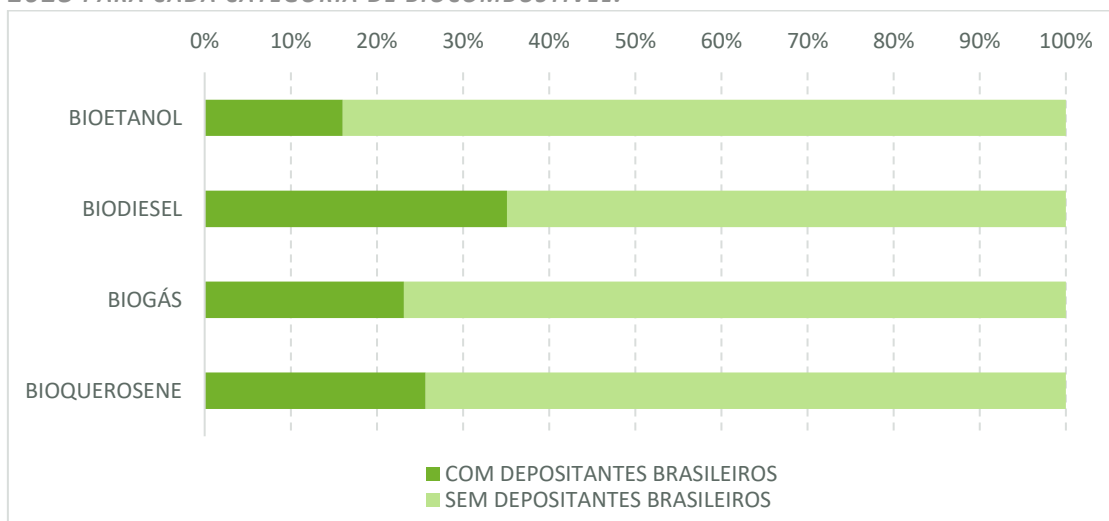
Fonte: Elaboração própria

Os brasileiros respondem por 35% dos pedidos relacionados a biodiesel depositados no Brasil (**Figura 41**), enquanto que em relação ao bioetanol a participação dos brasileiros frente ao total de depósitos apresentados na categoria é pequena, alcançando 16%. No entanto, a categoria de bioetanol é a segunda em quantidade de depósitos de pedidos de patente realizados por brasileiros. Já entre os pedidos de patente relativos a biogás e bioquerosene, a taxa de participação dos depositantes brasileiros fica em 23 e 26%.

A principal depositante brasileira no setor de biocombustíveis é a empresa Petróleo Brasileiro – Petrobras, seguida de diversas universidades localizadas majoritariamente no Sudeste do país (**Tabela 42**).



FIGURA 41 - PARTICIPAÇÃO RELATIVA DOS DEPOSITANTES BRASILEIROS NO CONJUNTO DE PEDIDOS DE PATENTES DE BIOCOMBUSTÍVEIS DEPOSITADOS NO BRASIL ENTRE OS ANOS 2000 E 2023 PARA CADA CATEGORIA DE BIOCOMBUSTÍVEL.



Fonte: Elaboração própria

TABELA 42 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES BRASILEIROS DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS DEPOSITADOS NO BRASIL ENTRE 2000 E 2023

Principais Depositantes ⁴⁶		Nº de pedidos de patente
1.	PETRÓLEO BRASILEIRO – PETROBRAS	95
2.	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS – UNICAMP	57
3.	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR	48
4.	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ	42
5.	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG	32
6.	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP	31
7.	UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA - UFBA	23
8.	BRASKEM	22
9.	CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS – CNPEM	22
10.	FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - FAPEMIG	22
11.	UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB	22
12.	UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP	20
13.	UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL	17
14.	UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA - UEL	15
15.	UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE	15
16.	UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR	14
17.	FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (FUB)	13
18.	SENAI-SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL	13
19.	BIOCELERE AGROINDUSTRIAL	12
20.	INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA – INT	12
21.	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPEL	12
22.	UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR	12
23.	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA	11
24.	UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE - UNICENTRO	11
25.	GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A.	10
26.	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE	10

Fonte: Elaboração própria

⁴⁶ São apresentados apenas os depositantes com 10 ou mais pedidos de patente de biocombustíveis depositados no Brasil no período estudado.



Os principais depositantes de pedidos de patente de biocombustíveis a cada período compreendido na linha temporal analisada são apresentados na **Tabela 43**. Nota-se que os principais depositantes, Petróleo Brasileiro – Petrobras, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG, Universidade de São Paulo – USP mantém um histórico de depósitos na área de biocombustíveis ao longo de período de análise.

Além da Petrobras, aparecem na lista de principais depositantes as empresas Braskem, Biocelere Agroindustrial, Geo Energética Participações S.A. e Brasil Bio Fuels S.A todas elas concentrando a maioria dos seus depósitos de pedidos de patente no período mais recente da análise, do ano de 2015 em diante.

Na **Tabela 44** estão listados os principais depositantes brasileiros de acordo com o tipo de biocombustível associado às invenções desenvolvidas. Percebe-se que a Petrobras é a principal depositante brasileira geradora de invenções em biodiesel (2ª no *ranking* geral), bioetanol (10ª no *ranking* geral) e bioquerosene (3ª no *ranking* geral). A empresa dedicou a maior porção de seus pedidos de patente a biodiesel (67%), havendo também pedidos voltados ao bioetanol (41%) e ao bioquerosene (9%)⁴⁷.

Entre os demais brasileiros líderes em depósitos no setor de biocombustível, a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e Universidade Federal da Paraíba apresentam relevante atividade de depósitos de pedidos de patente tanto na área de biodiesel quanto de bioetanol. A Universidade Federal do Paraná – UFPR, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG e Universidade Federal da Bahia – UFBA atuam mais intensamente na área de biodiesel, exibindo mais de 70% dos seus depósitos associados à esta categoria. Já a Universidade de São Paulo – USP e o Centro Nacional de Pesquisa em Energia de Materiais – CNPEM apresentam atividade mais voltada para bioetanol, com cerca de 65% de suas invenções relacionadas a este tema.

Entre as principais empresas identificadas verifica-se que a Braskem e a Biocelere Agroindustrial possuem pedidos de patente voltados para bioetanol e a Brasil Bio Fuels S.A. pra biodiesel, enquanto as empresas Geo Energética Participações S.A. e Sansuy S/A Indústria de Plásticos demonstram maior atividade de depósito de patentes em biogás.

⁴⁷ Nota-se que um mesmo pedido de patente pode fazer referência a mais de uma categoria de biocombustível.



TABELA 43 - NÚMERO DE DEPÓSITOS DOS PRINCIPAIS DEPOSITANTES BRASILEIROS DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS DEPOSITADOS NO BRASIL POR PERÍODO

2000-2004 [77 pedidos]	2005-2009 [391 pedidos]	2010-2014 [439 pedidos]	2015-2019 [398 pedidos]	2020-2023 [262 pedidos]
	1. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [28]	1. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [27]	1. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [22]	1. PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS [16]
	2. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [15]	2. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [19]	2. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [18]	2. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [10]
	3. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [13]	3. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [17]	3. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS [14]	3. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO [8]
	4. CARLOS ERNESTO COVALSKI [7]	4. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG [12]	4. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ [12]	4. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS [8]
	5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR [6]	5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [11]	5. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [11]	5. GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A. [7]
	6. FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS [6]	6. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS [10]	6. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" [10]	6. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS [6]
	7. INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA [6]	7. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO [10]	7. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS [10]	7. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO [5]
	8. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO [6]	8. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA [7]	8. FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS [9]	8. UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE [5]
	9. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA [6]	9. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL [7]	9. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA [9]	9. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" [5]
	10. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS [5]	10. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS [7]	10. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA [9]	10. UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA [5]
	11. DEDINI S/A INDÚSTRIAS DE BASE [5]	11. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ [7]	11. BRASKEM [8]	11. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS [5]
	12. BRASKEM [5]		12. BIOCELERE AGROINDUSTRIAL [8]	12. UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ [5]
				13. BRASIL BIO FUELS S.A [5]
				14. UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA [5]
				15. CRISTINA DA MATA HERMIDA QUINTELLA [5]

Fonte: Elaboração própria



TABELA 44 - PRINCIPAIS DEPOSITANTES BRASILEIROS EM CADA CATEGORIA DE BIOCOMBUSTÍVEL E NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE POR CATEGORIA E POR DEPOSITANTE

Categoria do Biocombustível⁴²	Principais depositantes
BIODIESEL [715]	PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS- [64]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR- [35]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP- [27]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ- [27]; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG- [22]; UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA- UFBA [18]; FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS - FAPEMIG- [16]; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP- [13]; UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA-UFPB [13]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA- UEL [13]; UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS- UFPEL [10]; FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA (FUB)- [8]
BIOETANOL [464]	PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS- [39]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP- [24]; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP- [20]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ- [18]; CENTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENERGIA DE MATERIAIS-CNPEM- [15]; BRASKEM - [15]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR- [14]; BIOCELERE AGROINDUSTRIAL- [12]; UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO" - UNESP- [11]; UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL- [10]; UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA- UFPB [9]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA- UEL [8]
BIOGÁS [330]	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG- [11]; PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS- [10]; GEO ENERGÉTICA PARTICIPAÇÕES S.A.- [10]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE- [7]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP- [6]; SANSUY S/A INDÚSTRIA DE PLÁSTICOS- [6]; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA -EMBRAPA- [5]; NICOLA ISIDORO MARTORANO FILHO- [5]; UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR- [5]
BIOQUEROSENE [57]	PETRÓLEO BRASILEIRO - PETROBRAS- [9]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ - UFPR- [8]; UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO- UFRJ- [6]; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS-UFMG- [4]; UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP- [3]

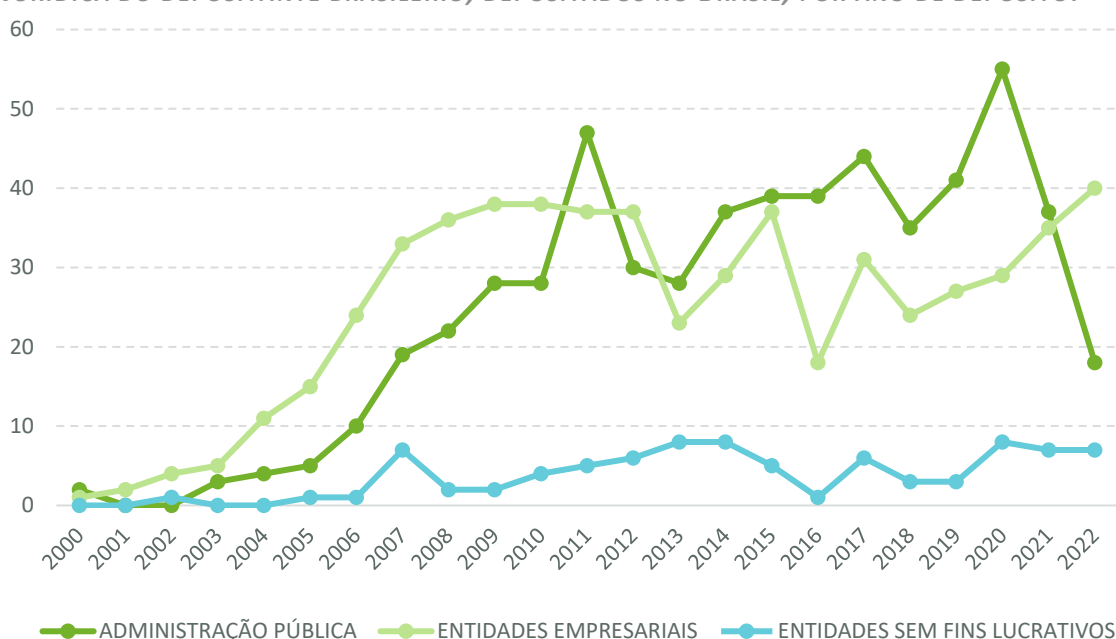
Fonte: Elaboração própria

As empresas respondem por 37% dos pedidos de patente depositados por brasileiros em biocombustíveis e o mesmo percentual foi realizado por organizações pertencentes à



administração pública, incluindo universidades, institutos de pesquisa e também órgãos de fomento. As entidades sem fins lucrativos respondem por somente 5% dos pedidos de biocombustíveis de brasileiros (**Figura 42**). As entidades empresariais responderam pela maioria dos depósitos de brasileiros no período inicial da análise de 2000 até 2010. Após esse período, os depósitos originários de instituições da administração pública tornam-se predominantes. Nos últimos anos da análise percebe-se uma ampliação no depósito de pedidos de patente de biocombustíveis por empresas, alcançando em 2022 o máximo da série temporal com 40 depósitos realizados no ano.

FIGURA 42 - NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE DE BIOCOMBUSTÍVEIS POR TIPO DE NATUREZA JURÍDICA DO DEPOSITANTE BRASILEIRO, DEPOSITADOS NO BRASIL, POR ANO DE DEPÓSITO.



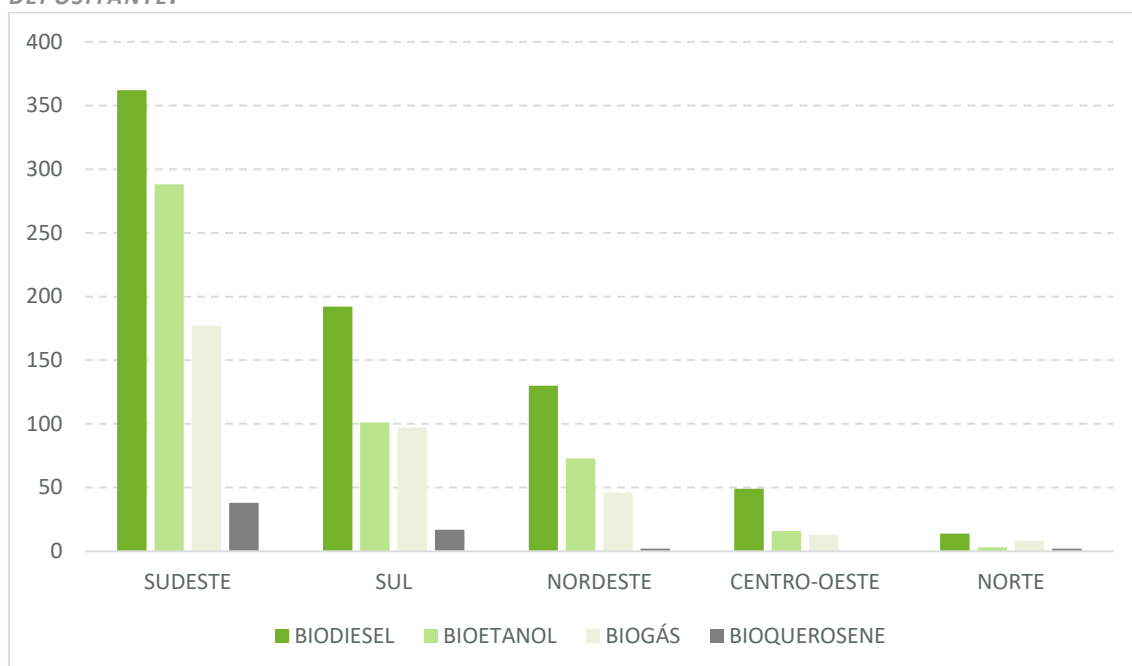
Fonte: Elaboração própria

Entre os pedidos de patente realizados por brasileiros foram identificados 100 depósitos com registro de cotitularidade entre empresas e administração pública e/ou entidades sem fins lucrativos. A empresa com mais depósitos desse tipo foi a Petrobras, apresentando uma série de depósitos de pedidos de patente com a Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, além de outros depósitos com diferentes instituições e universidades.

No que tange ao tipo de biocombustíveis associados aos pedidos de patente, as empresas e administração pública depositaram quantidades semelhantes de pedidos relacionados a bioetanol, ambas com 42%. Já para biodiesel e bioquerosene a administração pública foi majoritária com 46 e 56% dos pedidos, respectivamente, e as empresas somando aproximadamente 30%. Em relação aos pedidos referentes a biogás as empresas foram os principais depositantes figurando em 40% dos pedidos de patente.

Analisando a distribuição regional das invenções de biocombustíveis geradas pelos depositantes brasileiros (**Figura 43**) observa-se uma grande concentração na Região Sudeste,

FIGURA 44 - DISTRIBUIÇÃO DOS PEDIDOS DE PATENTE DE DEPOSITANTES BRASILEIROS ASSOCIADOS ÀS CATEGORIAS DE BIOCOMBUSTÍVEIS, DE ACORDO COM A REGIÃO DE ORIGEM DO DEPOSITANTE.



Fonte: Elaboração própria

3.4. Temas frequentes nos pedidos de patente

Com base nos resumos reescritos dos pedidos de patentes⁴⁸ foram elaboradas nuvens de palavras a partir dos resumos padronizados em inglês. A **Figura 45** apresenta as nuvens em diferentes recortes. O primeiro recorte refere-se ao tempo, sendo realizada nuvem para patentes até 2012 e outra para patentes a partir de 2013. Este procedimento objetivou verificar se houve grande mudança no padrão das patentes em relação às tecnologias de maior interesse nas duas décadas estudadas. Outros recortes basearam-se no tipo de combustível, seguindo a categorização apresentada no capítulo anterior. O último recorte está ligado ao país de origem da invenção.

A análise que segue também se fundamenta nas **Tabelas 45 e 46**. A primeira apresenta a concentração das 10 palavras repetidas em cada recorte realizado na base e a importância relativa de três palavras que se apresentaram entre as mais importantes. Já a segunda apresenta palavras mais importantes nos recortes específicos.

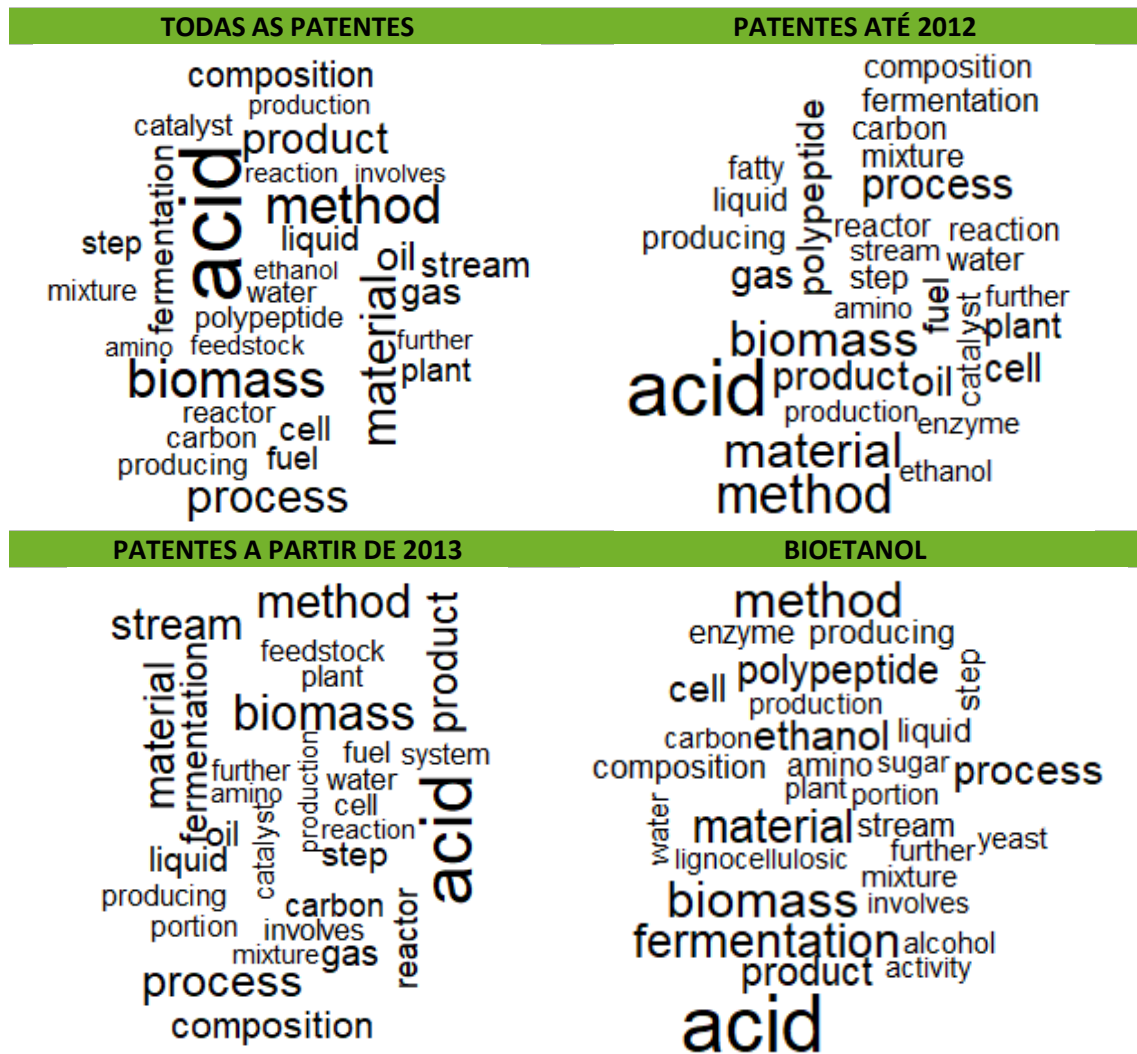
A primeira nuvem apresenta os resultados de principais palavras encontradas considerando todos os pedidos de patente identificados neste estudo, sem a imposição de nenhum filtro (**Figura 45**). As palavras com importância relativa de destaque na maior parte das diversas nuvens são “ácido”, “biomassa”, “óleo” e “gás”. Parte da importância das palavras

⁴⁸ Os resumos reescritos dos documentos de patente são dados gerados pela *Derwent Innovation*, com vistas a melhor definir o escopo do pedido de patente.

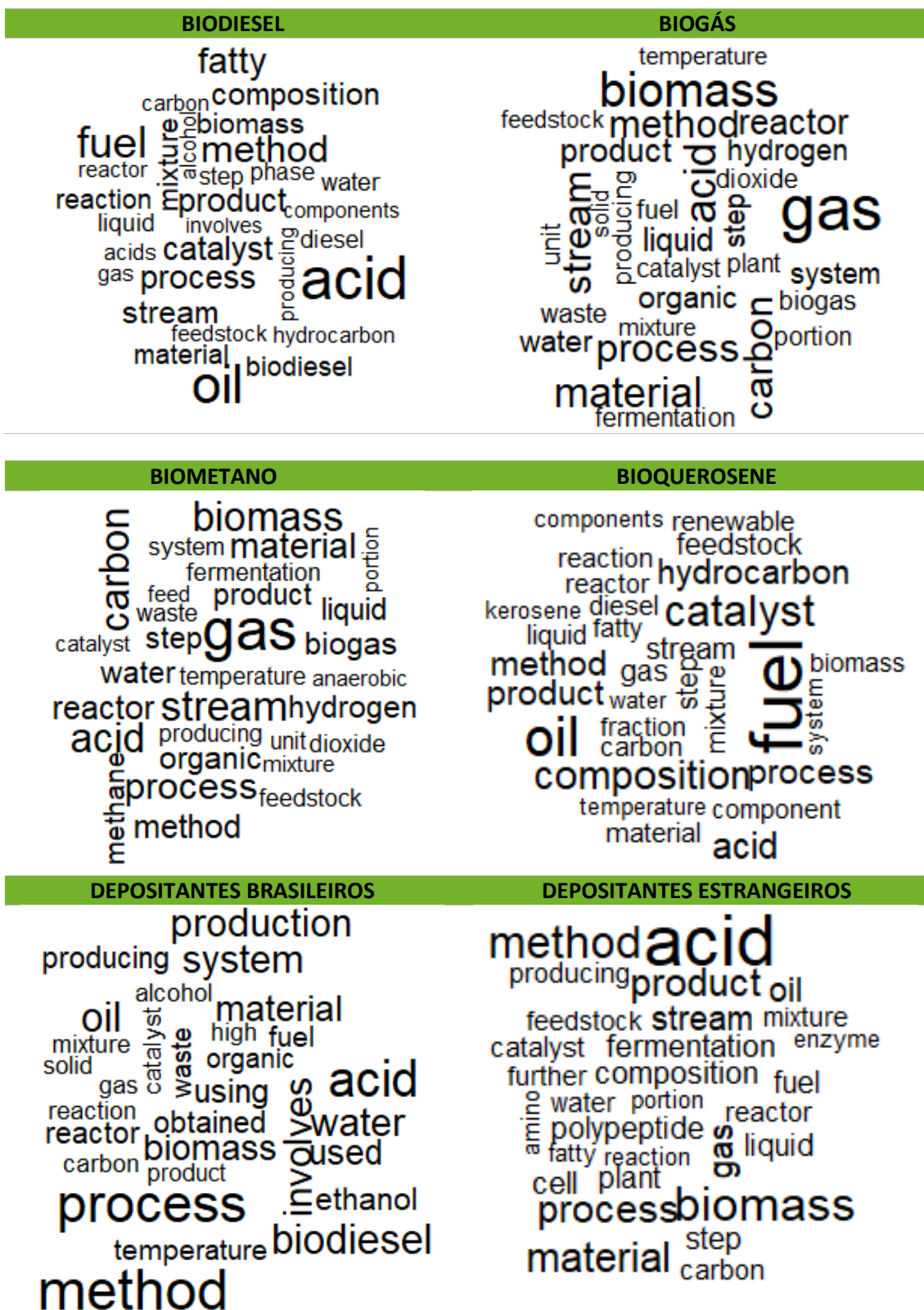


deve-se ao fato de se estar lidando com biocombustíveis (por isto biomassa, por exemplo), parte refere-se às soluções industriais e/ou de matéria prima e parte ao próprio tipo de combustível envolvido.

FIGURA 45 - NUVENS DE PALAVRAS A PARTIR DOS RESUMOS DAS PATENTES DEPOSITADAS NO BRASIL



(continua...)



Fonte: elaboração própria.

**TABELA 45 - DESTAQUE DE PALAVRAS MAIS CITADAS NOS RESUMOS DOS PEDIDOS DE PATENTES**

GRUPOS	CONCENTRAÇÃO	ÁCIDO	BIOMASSA	ÓLEO	GÁS
Geral	7,0	1,3	0,8	0,6	0,5
Antes de 2012	7,3	1,4	0,8	0,6	0,5
Após 2012	7,2	1,3	0,8	0,5*	0,5
Bioetanol	8,2	1,6	0,9	0,3*	0,3
Biodiesel	8,5	1,4	0,5*	1,3	0,4*
Biogás	8,2	0,9	1,0	0,3*	1,4
Metano	8,5	0,9	0,9	0,3*	1,4
Bioquerosene	9,9	0,8	0,4*	1,5	0,6*
Depositantes brasileiros	6,4	0,8	0,5	0,6	0,3*
Depositantes estrangeiros	7,3	1,4	0,8	0,6	0,6

Fonte: elaboração própria. * Não está entre as 10 mais frequentes da categoria.

TABELA 46 - PALAVRAS FREQUENTES NOS DOCUMENTOS DE PATENTES

GRUPOS	OUTRAS PALAVRAS DE DESTAQUE
Geral	Polipeptídeo (0,4*)
Antes de 2012	Polipeptídeo (0,5)
Após 2012	Polipeptídeo (0,3*)
Bioetanol	Fermentação (0,8); bioetanol (0,7); polipeptídeo (0,7)
Biodiesel	Fatty (0,8**); catalisador (0,7); composição (0,6)
Biogás	Carbono (0,8); reator (0,7)
Bioquerosene	Combustível (2,0); catalisador (1,0); hidrocarboneto (0,8)
Depositantes brasileiros	Biodiesel (0,6%); água (0,6)

Fonte: elaboração própria. * não está entre as 10 mais frequentes da categoria. ** optou-se por manter o termo em inglês, uma tradução possível seria “ácidos graxos”.

Outras palavras que aparecem com destaque nas nuvens de palavras são “polipeptídeo”, “fermentação”, “ácidos graxos”, “catalisador”, “reator” e “resíduos”. O recorte de tempo imposto à nuvem foi o ano de 2012. Entre as palavras mais citadas, a diferença observada foi a redução relativa da importância da palavra “óleo”, que deixa de se apresentar entre as 10 mais citadas no período mais recente. Outra diferença interessante é o *ranking* da palavra “polipeptídeo”. Na nuvem geral ela não se apresenta entre as 10 mais citadas, mas está presente entre as mais citadas no recorte das patentes mais antigas (0,5% da frequência), reduzindo para 0,3% no recorte mais recente.

O termo polipeptídeos pode estar relacionado à produção de biodiesel e de bioetanol associada aos processos biotecnológicos voltados aos biocombustíveis avançados. Na nuvem de bioetanol a importância de polipeptídeos foi de 0,7%, estando entre as dez palavras mais citadas, e houve também uma maior concentração do uso da palavra “fermentação”, indicando a proeminência das rotas biotecnológicas entre as inovações que envolvem este biocombustível. No recorte das patentes em biodiesel as palavras “fatty”, “catalisador” e “composição” são mais citadas do que a palavra “biomassa”.



3.5. Considerações gerais

Este capítulo abrange uma análise das principais tendências tecnológicas e padrões de uso da propriedade industrial no setor de biocombustíveis no Brasil, através da interpretação dos dados contidos nos documentos de patente depositados no país nas últimas duas décadas. Assim, foi apresentada a dinâmica de depósito dos pedidos de patente relacionados a biocombustíveis e suas diferentes categorias, tanto em relação ao tipo de combustível como em relação ao campo tecnológico destas invenções.

Os dados referentes ao Brasil, no período analisado, revelam que houve uma concentração de depósitos de pedidos de patente relacionados a biocombustíveis no país entre os anos de 2008 e 2014 (que juntos abarcam mais de 50% do total de pedidos) e foram realizados majoritariamente por depositantes estrangeiros. O bioetanol é o tipo de biocombustível predominante, associado a 42% dos pedidos de patente depositados no país, seguido do biodiesel com 29%, do biogás com 20% e do bioquerosene com somente 3%.

Foram destacados também neste capítulo o perfil de patenteamento de invenções desenvolvidas por depositantes brasileiros no setor, indicando os quantitativos de pedidos depositados, a natureza jurídica dos depositantes, bem como o estado de origem dos depositantes destes pedidos além de listar os principais depositantes brasileiros, em cada categoria, no período estudado. Os depositantes brasileiros apresentaram um crescimento acelerado nas taxas de depósito entre 2000 e 2007, seguida de uma estabilidade no número de pedidos depositados por ano, assumindo no período mais recente protagonismo na proteção de invenções neste setor no país, especialmente em biodiesel. Os depositantes brasileiros foram responsáveis por 35% dos pedidos de patente em biodiesel, 26% em bioquerosene, 23% em biogás e 16% em bioetanol. A análise demonstra a concentração de desenvolvimento tecnológico nas Regiões Sudeste e Sul do país, além de uma concentração de invenções na categoria de biodiesel. Apesar da categoria de biogás não apresentar um grande volume de invenções depositadas por brasileiros, é possível observar um crescimento na participação relativa de depósitos nos últimos anos.

Os dados apresentados possibilitam identificar diferentes soluções técnicas com viés de sustentabilidade para os principais gargalos, desafios e oportunidades no país no setor de biocombustíveis. Adicionalmente, permitem correlacionar as regiões brasileiras onde se desenvolvem as tecnologias e as regiões onde está localizada a capacidade instalada, o que pode ser relevante para o estabelecimento de parcerias estratégicas. A busca de reconhecimento das vocações regionais e o fomento à colaboração pode funcionar como aceleradores do desenvolvimento tecnológico no setor.

Assim, com base no entendimento de que a sustentabilidade e a inovação são elementos fundamentais para o desenvolvimento produtivo e tecnológico do país, tecnologias que visam reduzir as emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climáticas, como aquelas relacionadas aos biocombustíveis, desempenham um papel fundamental para o alcance das metas e objetivos estabelecidos no âmbito da política de neointustrialização brasileira, em especial no que tange a bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas. Desta forma, os dados fornecidos neste estudo visam subsidiar decisões de investimentos, estratégias de P&D e estabelecimento de políticas públicas estimulem o



desenvolvimento produtivo e tecnológico, ampliando a competitividade da indústria brasileira e impulsionando a presença qualificada do país no mercado internacional.



Capítulo 4. Alcance estratégico da inovação

4.1 Questões estratégicas da transição energética

Durante as últimas duas décadas, foram formados alguns consensos na comunidade científica mundial com relação ao processo de aquecimento global derivado das emissões antrópicas de gases de efeito estufa (GEE):

- de que haverá aquecimento global motivado por emissões de GEE em qualquer cenário, um fenômeno irreversível neste século;
- que a grande incerteza reside na intensidade das mudanças climáticas, que estará diretamente condicionada à celeridade, tempestividade e abrangência dos esforços de sua mitigação e de transição para uma economia de baixo carbono em âmbito mundial.

É a partir destas evidências que a preocupação com a questão ambiental global deixa de ser exclusividade da agenda da comunidade científica e passa a constar nas agendas econômica e política dos principais países do mundo. A necessidade de redução da emissão de GEE tem influenciado inúmeras discussões entre líderes mundiais, que definem ambiciosas metas de redução da emissão, embora muitas vezes ainda sem ações focadas e coordenadas.

Junto aos desafios associados às mudanças climáticas, está emergindo uma nova abordagem em relação ao meio ambiente. A visão do meio ambiente enquanto entrave ao desenvolvimento econômico tem sido substituída pela convicção de que a partir das preocupações com a sustentabilidade ambiental emergem múltiplas oportunidades de negócio. Nesse sentido, duas grandes áreas se destacarão na transição energética para uma economia global verde pelas oportunidades econômicas associadas a cada uma delas: eficiência energética e fornecimento de energia de baixo carbono.

A área de eficiência energética compreende o grande número de oportunidades de negócios para melhorar o desempenho de veículos, construções e equipamentos industriais. Quanto ao fornecimento de energia de baixo carbono, são várias as oportunidades para mudança da fonte de energia de combustíveis. Dentre elas, a mudança do combustível convencional de transporte para os biocombustíveis, baseados em fontes naturais que se regeneram rapidamente, como a biomassa.

As pressões por substituição dos combustíveis fósseis resultarão no aumento mundial da procura por fontes de energia de baixo carbono. E, junto dela, algumas questões críticas naturalmente emergem. Por exemplo, a saída será a eletrificação dos meios de transporte ou o uso de motores híbridos com biocombustíveis? Haverá busca de combustíveis sintéticos fabricados com fontes renováveis de energia (como a eólica e a solar) ou ampliação do uso de combustíveis de origem biológica?



4.2 A P&D&I em biocombustíveis no Brasil está alinhada às tendências futuras do setor de transporte?

Recente estudo publicado pela WIPO (2025) apresenta um profundo panorama sobre o futuro do transporte. Neste estudo, que analisou patentes que envolvessem os diversos tipos de transportes, constatou-se crescimento de 11% ao ano no número de famílias de patentes entre 2000 e 2023. Uma das grandes tendências observadas neste estudo foi a “propulsão sustentável”, que está na vanguarda da redução da pegada ambiental do transporte. Neste contexto, a publicação aponta que a propulsão elétrica, células de combustível de hidrogênio e outras fontes alternativas de energia são essenciais para esse esforço, impulsionando uma mudança dos combustíveis fósseis. Essas tecnologias são essenciais para alcançar emissões mais baixas e promover um futuro mais sustentável no transporte. A maior parte das invenções identificadas no campo da Propulsão Sustentável está concentrada na tecnologia de baterias, compondo 78% do total de famílias de patentes nesta categoria. A vantagem dos veículos elétricos a bateria (BEVs) está na sua capacidade de reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa, melhorar a qualidade do ar e diminuir a dependência de combustíveis fósseis. No entanto, alcançar melhorias adicionais na autonomia da bateria e na infraestrutura de carregamento são elementos considerados essenciais para uma adoção mais ampla no futuro. Tecnologias de combustível sustentáveis baseadas em carbono, como combustíveis sintéticos e biocombustíveis, alcançam um número menor de famílias de pedidos nesse panorama mais amplo. No entanto, os biocombustíveis são uma opção essencial de descarbonização para o setor, especialmente a curto e médio prazo, devido ao seu alto grau de prontidão tecnológica, o que permite sua utilização imediata como misturas ou combustíveis tipo *drop-in*, exigindo pouca ou nenhuma adaptação nas operações e na infraestrutura de transporte existentes.

Dentro deste macrocenário, o Brasil tem direcionado seus esforços para estabelecer políticas públicas alinhadas com as tendências globais de inovação para descarbonização e eficiência energética voltadas ao transporte. A política industrial do Brasil, conhecida como o Nova Indústria Brasil (NIB) estabelece em sua Missão 3 - Infraestrutura, saneamento, moradia e mobilidade sustentáveis para a integração produtiva e o bem-estar nas cidades priorização ao desenvolvimento e implementação de sistemas de propulsão a biocombustíveis, elétrica, híbrida e demais combustíveis alternativos de veículos associados a soluções sustentáveis e inteligentes com redução de emissões, incluindo, entre outros, os aeronáuticos e marítimos. Já em sua Missão 5 - Bioeconomia, descarbonização e transição e segurança energéticas para garantir os recursos para as gerações futuras é definido como prioritário o financiamento de soluções tecnológicas para redução de emissões; desenvolvimento de biocombustíveis do futuro; geração de energias renováveis; minerais estratégicos; bioprodutos e bionsumos a partir de fontes renováveis.

Especificamente no que tange os biocombustíveis, o Brasil apresenta vantagens competitivas em razão de sua elevada capacidade e eficiência na produção agrícola para geração de biomassa, bem como sua competência técnica e produtiva já estabelecida no segmento de biocombustíveis. Tal estruturação é refletida na consolidada capacidade de produção de bioetanol e biodiesel, já alcançada no País e exposta no Capítulo 1. Neste mesmo sentido, verifica-se o envolvimento de todo o sistema de inovação brasileiro na temática de



biocombustíveis, incluindo a produção de conhecimento através da pesquisa básica, formação de recursos humanos, financiamento público e privado, bem como a geração de conhecimento aplicado em associação ao setor produtivo. O potencial de financiamento e produção de P&D&I do País em biocombustíveis, é refletido no número de artigos publicados, patentes depositadas e também inovações, tal como exposto nos capítulos 2 e 3.

A seguir são apresentadas e discutidas algumas das questões estratégicas identificadas a partir da revisão da literatura, da análise de dados e da pesquisa qualitativa que alicerçam o presente estudo.

4.3 Há conflito entre biocombustíveis e produção de alimentos?

Não são raras as situações em que a estratégia energética nacional orientada à produção de biocombustíveis sofre críticas por conta da mudança do uso da terra (LUC – *land use change*, no termo em inglês). De fato, o aumento da demanda por terras para cultivos de matéria-prima para produção de biocombustíveis pode levar ao desmatamento, ameaçando a rica biodiversidade do Brasil. Além disso, o uso de fertilizantes, herbicidas e inseticidas no cultivo de matéria-prima para biocombustíveis pode aumentar a poluição do solo e da água. Adicionalmente, as emissões das plantas de processamento podem ainda contribuir para a poluição do ar. Além disto, esta produção de matérias-primas pode, na teoria, deslocar a produção de alimentos, o que geraria impacto inflacionário sobre os alimentos e problemas sociais.

Moreira et al. (2024) abordam esta questão, avaliando o RenovaBio. Para isso, utilizam um modelo de equilíbrio parcial para estimar o uso da terra com e sem as exigências do RenovaBio no tocante à rastreabilidade das matérias-primas e a não utilização das áreas desmatadas após 2018. Os autores concluem que a configuração atual gera redução da emissão de CO₂, inclusive com a melhoria do perfil do uso das terras em decorrência da redução das áreas de pastagem. E isto é conseguido sem a redução da produção de alimentos.

Nas entrevistas realizadas para este estudo, a questão da LUC foi abordada. Há o reconhecimento do problema, mas também o posicionamento de que as estratégias para o setor de biocombustíveis seguidas pelo Brasil podem ter estes efeitos minimizados com o aumento da rastreabilidade dos insumos e com melhorias nos desenhos dos programas, como o RenovaBio e o Combustível do Futuro. Dentre os 1922 artigos levantados na base da *Web of Science* apenas 23 apresentam a temática da LUC em seus resumos, boa parte destes versando sobre as políticas brasileiras de biocombustíveis, como o RenovaBio. Já dentro dos projetos cadastrados no sistema da ANP, apenas um explicita o uso da terra em seus objetivos.⁴⁹

Entre os entrevistados, houve a afirmação que o biodiesel proveniente da soja não desloca a produção de alimentos, uma vez que o óleo é um coproduto no processo produtivo, com o farelo e a proteína utilizados na indústria alimentícia.

⁴⁹ Trata-se do projeto: “Sistema de suporte à decisão em recursos hídricos e mudanças climáticas”, financiado pela Petrobras e executado pelo LABSID – Laboratório de Sistemas de Suporte e Decisões da USP.



São duas alegações dos europeus quanto a isso. A primeira é causar o desmatamento, a segunda é causar a competição com alimento. [...] A gente trabalha contra essa visão porque ela não corresponde à realidade brasileira. [...] Esse óleo, se a gente não der um uso para ele, vai virar [...] um produto de baixo valor agregado. [...] Eles têm valor hoje. Eles viram bioenergia. Então, aquele problema ambiental se transformou em um ativo. [...] O biodiesel estimula a produção de alimentos que são necessários, ele barateia o farelo. [...] É uma ponderação da receita do esmagamento. Eu tenho 80% de farelo e 20% de óleo. Se esse óleo valer menos, o farelo tem que valer mais para compensar esmagar. [...] Ninguém vai esmagar a soja se não houver algum retorno. (Entrevistado 1)

A produção brasileira de oleaginosas não é exatamente para a produção do óleo vegetal. No caso específico da soja, o Brasil produz soja para exportação de farelo e grão, e o óleo vegetal, ele é um subproduto. A gente ainda não tem um blend de biodiesel no diesel que justifica você plantar soja para fazer o óleo de soja, até porque o óleo de soja é menos de 1/5 da massa. [...] Você tem que entender como é que essa dinâmica da ocupação do solo pela soja e qual é o driver dessa ocupação. [...] Em grande medida não é o óleo de soja, em grande medida é a soja, o 3º produto da pauta de exportação do Brasil. (Entrevistado 2)

Neste sentido outras fontes de matéria-prima têm sido objeto de pesquisa e desenvolvimento para obtenção de biocombustíveis, como, por exemplo, os vegetais não destinados ao consumo humano ou animal e também os resíduos. Neste grupo estão incluídos os vegetais jatropha, camelina e macaúba, as algas, os resíduos lignocelulósicos como a palha e bagaço de cana-de-açúcar, os subprodutos florestais e os resíduos urbanos ou industriais.

Entre os pedidos de patente, dois deles citam literalmente a questão da LUC em seu resumo. Ambos se referem ao cultivo da *Brassica carinata*, um vegetal da família da canola, que não possui utilização na alimentação humana e que pode ser cultivado como segundo plantio. Em reportagens publicadas em janeiro de 2025 no Valor Econômico, afirmou-se que o Brasil pode se transformar no maior produtor mundial deste vegetal, o qual é matéria prima para a produção de SAF (MAINARDES, 2025).

Tão importante quanto a disponibilidade de matérias-primas para a produção de biocombustível para aviação é garantir que as mesmas cumpram com os requisitos de sustentabilidade. Em linha com o debate internacional, é bem reconhecido no Brasil que a expansão de matérias-primas agrícolas para a produção de biocombustível pode promover mudanças no uso da terra e impactos nos mercados de culturas alimentares. No entanto, devido às características de elevada eficiência associadas a agricultura brasileira, as evidências sugerem que os efeitos indiretos causados pela expansão dos biocombustíveis, em termos tanto de emissões associadas à mudança no uso da terra quanto de impactos nos preços dos alimentos e na segurança alimentar, podem ser enfrentados no Brasil, se forem tomadas precauções adequadas⁵⁰.

Deste modo, uma rápida expansão dos biocombustíveis sustentáveis exigirá controles rigorosos ao longo de toda a cadeia de suprimentos, além de padrões e mecanismos de

⁵⁰ <https://agroicone.com.br/uploads/2015/02/flightpath-to-aviation-biofuels-brazil-action-plan.pdf>



certificação robustos, juntamente com uma significativa intervenção das políticas públicas para assegurar a sustentabilidade. Conclui-se, portanto, que uma agenda importante para a pesquisa em biocombustíveis é aprofundar os estudos acerca das transformações do uso da terra e suas consequências ambientais e econômicas.

4.4 Há coesão na dinâmica do processo inovativo em biocombustíveis: criação, proteção e inovação?

O processo inovativo pode ser dividido em etapas que vão desde a pesquisa onde se dá a criação e desenvolvimento do produto ou processo, passando pela etapa de registro e proteção da propriedade industrial da invenção, até a chegada da inovação ao mercado.

O bioetanol é o biocombustível com maior volume de produção no Brasil, seguido do biodiesel. Ambos contam, historicamente, com políticas públicas que visam estimular sua incorporação ao quadro de combustíveis utilizados nacionalmente, com especial destaque para a regulação do percentual de bioetanol incorporado à gasolina e ao percentual de biodiesel no diesel comercial.

A produção acadêmica brasileira em biocombustíveis avaliada no Capítulo 2 indica que os grupos de pesquisa e a produção de artigos científicos concentra-se nesses dois tipos de biocombustíveis. O panorama das patentes de biocombustíveis depositadas no Brasil apresentado no Capítulo 3 também retrata esse cenário no qual os esforços de inovação em biocombustíveis estão direcionados ao bioetanol e ao biodiesel. No que tange ao financiamento da P&D&I voltado aos biocombustíveis, advindo da cláusula de exploração do petróleo, nota-se um consistente investimento nas áreas de bioetanol e biodiesel, bem como na geração de combustíveis avançados (2ª, 3ª e 4ª geração). As políticas recentes parecem suprir os estímulos para a intensificação da melhoria dos biocombustíveis, mas os esforços nacionais ainda estão muito concentrados em biodiesel e bioetanol. No entanto, entre os temas de destinação dos recursos para projetos de P&D&I, um novo tipo de biocombustível vem despontando, tendo recebido a maior parcela dos investimentos: o bioquerosene de aviação ou SAF. Os projetos em bioquerosene de aviação receberam mais de 43% do total de recursos, a relevância dos investimentos é de tal monta que é preciso que se somem os recursos destinados às temáticas de biocombustíveis avançados, bioetanol e biodiesel para que os dispêndios sejam superiores aos de bioquerosene.

Conforme estimado pela frequência nas nuvens de palavras, o biodiesel parece ser objeto de maior interesse da pesquisa acadêmica, enquanto o bioetanol foi alvo de mais iniciativas de financiamento voltadas para pesquisa aplicada e desenvolvimento. Tal situação pode refletir o fato de o bioetanol ser um biocombustível com uma rota tecnológica de produção mais conhecida e consolidada, enquanto o biodiesel ainda apresenta desafios técnicos mais prementes que não estão totalmente resolvidos.

O biodiesel é um éster. É um éster de ácido graxo, um produto que tem oxigênio na sua composição, diferente dos derivados de petróleo. Ele é mais instável. Então, o transporte e o armazenamento do biodiesel é algo que



requer uma atenção diferenciada. Além disso, ele tem contaminantes que chamam atenção. (Entrevistado 3)

Entrevistados apontaram ainda para o fato de o Brasil ter concentrado suas pesquisas nas fontes de matérias-primas para biocombustíveis e deixado de lado pesquisas e testes com os motores que os utilizarão.

Ah, macaúba! Eu já vi fazerem biodiesel até de barata, biodiesel de fungo, biodiesel de alga. É claro que é importante pesquisar isso. [...] O desafio é como é que a gente consegue ser competitivo? Como é que a gente consegue uma especificação melhor para evitar problemas de qualidade? Como é que podemos atuar de forma a deixar o biodiesel com a qualidade necessária para exportar esse produto? [...] Os testes em motores foram pouco realizados. (Entrevistado 3)

A consolidada capacidade de produção de bioetanol e biodiesel já alcançada no País é exposta no Capítulo 1. Neste mesmo sentido, verifica-se o envolvimento de todo o sistema de inovação brasileiro na temática de biocombustíveis, mais especificamente bioetanol e biodiesel, incluindo a produção de conhecimento através da pesquisa básica, formação de recursos humanos, financiamento público e privado, bem como a geração de conhecimento aplicado em associação ao setor produtivo.

As políticas de incentivo à produção, bem como os mecanismos de estímulo à inovação no setor de biocombustíveis geraram ao longo do tempo resultados positivos tanto para o bioetanol como para o biodiesel. Percebe-se que os esforços nacionais estão muito concentrados nestes dois biocombustíveis, havendo potencial para incorporação de outros biocombustíveis levando a diversificação da matriz de combustíveis renováveis brasileira.

As Regiões Sudeste e Sul são os polos de geração de conhecimento associados aos biocombustíveis, o que se reflete no número de grupos de pesquisa, nas principais instituições produtoras de artigos científicos e também nas principais instituições executoras de projetos de P&D&I em biocombustíveis via ANP. Os pedidos de patente depositados por brasileiros também demonstram a relevância dessas regiões. Cabe destacar as ICTs do Sudeste: Universidade Federal Do Rio de Janeiro – UFRJ, Universidade de São Paulo – USP e Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, e que aparecem com destaque em todos esses *rankings*. As duas Regiões se destacam também na produção de biocombustíveis, a Região Sudeste em bioetanol e a Região Sul em biodiesel. A Região Centro-Oeste apesar de contribuir com boa parte da produção de biodiesel, apresenta pouca representatividade na dinâmica de inovação, em grupos de pesquisa, produção científica, projetos de P&D&I e depósito de pedidos de patente.

Entre as organizações privadas que atuam na área de biocombustíveis cabe destacar as empresas Petrobras e Shell, responsáveis pela maior parte dos recursos investidos em projetos de P&D&I em biocombustíveis no Brasil, a primeira por cerca de metade e segunda por cerca de 1/5. Tais investimentos em pesquisa e desenvolvimento repercutem no número de pedidos de patente depositados no Brasil, a Shell é a segunda depositante com mais pedidos relacionados a biocombustíveis e a Petrobras é a sétima. Diversas grandes empresas ao redor do mundo que atuam na área de petróleo e gás tais como Shell, Neste, Petrobras, Chevron e TotalEnergies geraram uma série de invenções em biocombustíveis, buscando proteção por patente no Brasil.



Há que se destacar o caráter de multidisciplinariedade envolvido no avanço tecnológico no segmento de biocombustíveis. Diversas áreas do conhecimento, concentrando-se na química, engenharia química e biotecnologia, mas envolvendo também outras modalidades das engenharias, agronomia, ciências ambientais, geociências e também ciência da informação, estão envolvidas na geração do conhecimento científico associado aos biocombustíveis assim como conhecimento tecnológico, refletido nos grupos de pesquisa, artigos científicos e nas invenções descritas nos pedidos de patente.

Deste modo os dados levantados ao longo dos capítulos 1, 2 e 3 evidenciam um alinhamento entre pesquisa acadêmico-científica, propriedade industrial, inovação e mercado para biocombustíveis, em especial o bioetanol e o biodiesel. Fica clara a capacidade de geração de conhecimento científico pelos grupos de pesquisa, com engajamento de todas as regiões do país, bem como a formação de recursos humanos especializados na área. Há ainda aporte de financiamento para aplicação do conhecimento gerado em atividades produtivas, através da pesquisa aplicada e do desenvolvimento de tecnologias com níveis de maturidade mais avançados. Os diversos atores do sistema de inovação ICTs, empresas de grande ou pequeno porte vem aprimorando o desenvolvimento tecnológico na área, gerando invenções e se apropriando de sua propriedade industrial através do depósito de patente. O estímulo da dinâmica inovativa do país na área de bioetanol e biodiesel permitirá os necessários avanços relacionados a sustentabilidade e produtividade no setor.

No que se refere ao biogás, nota-se que é uma área ainda com potencial pouco explorado no País, que conta com uma produção ainda pequena deste tipo de biocombustível, e destina poucos recursos de sua pesquisa acadêmica bem como de seu financiamento de P&D&I. As invenções em biogás que buscaram proteção por patente em biogás no Brasil são poucas, seja realizada por brasileiros ou por estrangeiros.

Um ponto que chama atenção são os valores consideráveis sendo aplicados nas pesquisas de biocombustíveis de aviação por parte das empresas, sendo grupo de biocombustíveis que mais recebeu aporte de financiamento. No entanto, os dados de pesquisa acadêmica (grupos de pesquisa e publicações científicas) analisados neste estudo, indicam que há poucas linhas de pesquisa e publicações científicas nesta área no meio acadêmico nacional. Há também um pequeno número de invenções associadas ao bioquerosene, em que pese a liderança da Petrobras nesse tema no depósito invenções por nacionais neste tipo de biocombustível. Em relação às entrevistas, um dos entrevistados, apresentou a seguinte visão sobre o posicionamento do Brasil em relação a este biocombustível:

As coisas no SAF já estão prontas. Já tem indústria, já tem mercado, já tem produto. O Brasil é que não investiu ainda. O Brasil não tem refinaria pra fazer SAF. [...] Já perdemos essa batalha tecnológica. Eles estão na frente, a não ser uma rota que é muito promissora pro Brasil, mas que a gente também tá saindo atrás, que chamam de ATJ (álcool-to-jet) [...] Acho que o Brasil poderia ser um grande player no ATJ, mas a tecnologia que comanda no mundo, hoje, que é 99% do que é produzido é a tecnologia que a gente chama de HEFA. (Entrevistado 3)

Deste modo, percebe-se que os biocombustíveis de aviação vêm despontando como objeto de interesse das empresas, cujo apelo de desenvolvimento parece estar mais direcionado



aos desafios tecnológicos de produção e, portanto, à pesquisa aplicada e desenvolvimento de produtos e de processos industriais. Considerando o necessário transcorrer do tempo para que os esforços de P&D resultem em novos ou melhorados produtos e processos, é esperado que os investimentos recentes em bioquerosene de aviação se traduzam no futuro em um aumento de pedidos de patente e publicações científicas voltadas para este campo específico.

4.5 Aderência entre os temas frequentes de projetos de pesquisa, produção acadêmica, financiamento e patentes em biocombustíveis

Uma tentativa de checar a aderência entre a pesquisa, a produção acadêmica, os projetos de pesquisa e as patentes foi buscada através da análise das frequências de palavras. Em procedimentos deste tipo é possível ter uma primeira abordagem do conteúdo destes documentos e *insights* de quais caminhos tecnológicos têm sido mais abordados em cada grupo.

Tendo em vista que as fontes de dados qualitativos são distintas, foram feitos recortes distintos por categorias, o que restringe uma comparação direta dos resultados obtidos. As categorias para os diferentes recortes se basearam no formato de cada banco de dados. No portal de grupos de pesquisa foram feitas nuvens sem considerar categorias, enquanto que nos artigos científicos utilizou-se a categoria de áreas de conhecimento. As nuvens relacionadas aos projetos cadastrados na ANP, a lógica foi a da classificação da agência, que é um misto de tipo de combustível com nível de maturidade do projeto. Mesmo assim é possível fazer algumas ponderações sobre as frequências de palavras.

Entre as nuvens originadas nos grupos de pesquisa se destaca que não foi observada grande correspondência com as nuvens geradas a partir das patentes. As principais palavras citadas nas patentes não possuem a mesma importância para os grupos de pesquisa. A única palavra coincidente é “biodiesel”, que está entre as dez mais citadas dos grupos de pesquisa e nos pedidos de patentes de depositantes nacionais. A comparação entre a produção acadêmica e as patentes revela uma aderência um pouco maior. As palavras “biomassa” e “ácido” estão entre as mais citadas em ambos os conjuntos de textos. Estas duas palavras também estão presentes as nuvens de projetos suportados pela cláusula de P&D&I.

Uma tentativa mais formal de comparar os conteúdos dos documentos pode ser feita realizando teste de independência das nuvens de palavras geradas. Considerando a grande massa de palavras envolvidas e o fato de serem dois idiomas⁵¹ o procedimento utilizado foi: 1) elaborar uma listagem das 20 palavras mais frequentes nas patentes depositadas por brasileiros, nos artigos publicados por brasileiros, nos objetivos dos grupos de pesquisa e nos objetivos dos projetos cadastrados na ANP; 2) concatenar as listagens em uma única lista, recuperando as frequências das palavras que estavam em um *ranking* mas não nos demais, 3) fazer ajustamento das frequências considerando variações que envolvam concordância nominal e verbal; 4) proceder o teste de qui-quadrado com hipótese nula de igualdade de distribuição de probabilidade. Os resultados deste procedimento estão explicitados na **Tabela 47**. São 44 palavras na lista resultante. A primeira linha da tabela informa o a frequência relativa acumulada

⁵¹ Inglês para os resumos dos artigos da WoS e das patentes, e português para os objetivos dos grupos de pesquisa e dos projetos cadastrados na ANP



em cada conjunto de documentos analisados. Em patentes 13,1% das palavras utilizadas estão contempladas na lista, em artigos esta fração é menor, de 9,1%. Já em grupos de pesquisa e projetos da ANP os percentuais são de, respectivamente 16,1% e 18,2% das palavras contempladas nesta lista. Parte destes resultados deve-se ao tamanho dos conjuntos, pois são mais patentes e artigos que grupos de pesquisa e projetos. Mas o pequeno percentual acumulado em artigos indica grande amplitude de abordagens dentro da temática de biocombustíveis. Na diagonal superior destaca-se as estatísticas dos testes, feitos a cada par de comparação. Na diagonal inferior relata-se o nível de significância calculado por simulação de Monte Carlo. Os resultados indicam que há pouca proximidade nos conjuntos de textos formados pelas descrições dos pedidos de patente e os resumos dos artigos científicos, ou os objetivos dos grupos de pesquisa ou os objetivos dos projetos de P&D&I registrados na ANP. Também não se observa aderência nas outras combinações, como artigos científicos e grupos de pesquisa, artigos científicos e projetos de P&D&I registrados na ANP e Grupos de pesquisa e projetos de P&D&I registrados na ANP.

TABELA 47 - TESTE DE INDEPENDÊNCIA DAS NUUVENS DE PALAVRAS

	PATENTES	ARTIGOS	GRUPOS DE PESQUISA	PROJETOS NA ANP
% Freq	13,1	9,1	16,1	18,2
PATENTES		13.257	23.845	4.821
ARTIGOS	<0,001		14.348	1.433
GRUPOS DE PESQUISA	<0,001	<0,001		2.729
PROJETOS NA ANP	<0,001	<0,001	<0,001	

Fonte: elaboração própria.



Capítulo 5. Implicações para o desenvolvimento econômico

Considerações finais

O Brasil possui papel relevante no cenário global da bioenergia. Em 2023, o país tinha participação de 11,8% na capacidade instalada e de 8,9% na produção mundial. Quando se considera o tipo de biocombustível, a presença do Brasil é notória em bioetanol, biodiesel e na geração de energia elétrica pela queima de biomassa. A China lidera mundialmente nos dois rankings.

As origens do protagonismo brasileiro no setor remontam à década de 1970, quando a adoção do bioetanol como combustível para fazer frente à crise internacional do petróleo foi estimulada por políticas governamentais. Já nos dias atuais, as iniciativas mais recentes vêm permitindo a introdução de mais categorias de biocombustíveis na matriz energética brasileira, destacando-se o biodiesel e o biogás/biometano. Ademais, no que se refere ao bioetanol, tem-se observado a diversificação de matérias-primas para a produção do biocombustível, envolvendo, além da cana-de-açúcar, o milho. Em biodiesel há amplitude nas matérias primas, com destaque para a soja, gorduras animais, resíduos urbanos e agroindustriais, e outras fontes de óleos vegetais. Outro ponto que a ser destacado no cenário atual é a redistribuição espacial da produção de biocombustíveis no território brasileiro, ampliando-se a participação relativa das Regiões Sul e Centro-Oeste.

Com o intuito de oferecer subsídios que norteiem a elaboração de políticas públicas para o setor de biocombustíveis no Brasil, no presente estudo foram investigados o perfil das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&D&I), bem como os padrões de uso da propriedade industrial (PI) a ele relacionados. As principais conclusões são destacadas a seguir:

- ✓ *Os dados sobre grupos de pesquisa, publicações internacionais e recursos destinados à P&D&I mostram que a pesquisa se concentra nos estados do Sudeste e Sul e em ICTs públicas, principalmente universidades federais e universidades estaduais de São Paulo.*
- ✓ *Além das universidades, a Embrapa e SENAI cumprem papel importante no meio acadêmico, pois estão entre as instituições que mais publicam ou participam de projetos de P&D&I. CAPES e CNPQ são relevantes para o financiamento dos pesquisadores, sendo as mais citadas no apoio às publicações.*
- ✓ *No Rio de Janeiro estruturou-se um ecossistema inovador na área de petróleo e gás, estimulado pela presença da Petrobras, onde observa-se quantidade relevante de projetos de P&D&I em biocombustíveis (destaque para UFRJ, SENAI-RJ e PUC). Já em São Paulo, há concentração da produção da cana-de-açúcar e de bioetanol além de um*



importante ecossistema de inovação em bioenergia. Destaque para a atuação articulada da FAPESP com uma rede de instituições de ensino e pesquisa (notadamente USP, Unicamp e SENAI-SP). Grandes empresas produtoras de combustíveis participam deste ecossistema, tanto dando suporte à pesquisa, quanto mantendo laboratórios próprios de pesquisa, com destaque para Petrobras, Shell e Raízen.

- ✓ *Fora do Eixo Rio-São Paulo, universidades, centros de pesquisa e empresas vêm se destacando em publicações acadêmicas, atividades de P&D&I e pedidos de proteção de direitos de propriedade industrial: SENAI/CIMATEC (BA), UFPR (PR), UFMG (MG), UFBA (BA), UFSC (SC), UFV (MG), UFRGS (RS), UTFPR (PR) e Geo Energética (PR).*
- ✓ *A Petrobras é a principal responsável pelo financiamento dos projetos de P&D&I em biocombustíveis, além de ser a principal instituição executora de P&D&I com esses recursos. Desta maneira, a Petrobras consiste em um importante elemento que impulsiona o ecossistema de inovação local, figurando em posição de destaque tanto no ranking de publicações científicas como de pedidos de patente.*
- ✓ *Biodiesel e bioetanol são historicamente os biocombustíveis que predominam no cenário brasileiro de mercado, pesquisa e inovação.*
- ✓ *O grande volume de recursos destinado à P&D&I em bioquerosene de aviação nos últimos anos aponta para o interesse neste novo tipo de biocombustível. No entanto tais investimentos ainda não se refletem na composição dos grupos de pesquisa, nas publicações internacionais de pesquisadores brasileiros e nos pedidos de patente depositados.*
- ✓ *A análise dos pedidos de patentes relacionados a biocombustíveis depositados no Brasil constatou forte crescimento de depósitos por estrangeiros até 2011, com posterior declínio. Isto está em linha com a escolha prioritária dos países desenvolvidos por outras frentes de transição energética. Os depositantes brasileiros mantêm patamar de depósitos ao longo do período estudado.*
- ✓ *Os EUA apresentam maior participação nos depósitos de pedidos de patente depositados no Brasil, principalmente até 2016. A partir de 2017, os depositantes residentes tornam-se líderes, no entanto, esta inversão se dá mais em decorrência do declínio dos pedidos por depositantes norte-americanos do que pelo aumento dos depósitos de nacionais.*
- ✓ *O ranking de depositantes demonstra predominância de empresas estrangeiras protegendo suas invenções relacionadas a biocombustíveis no Brasil. Petrobras, Unicamp, UFPR e UFRJ são as únicas entidades nacionais que figuram entre os 30 maiores depositantes.*
- ✓ *A evolução dos depósitos de pedidos de patente realizados por brasileiros indica concentração do patenteamento de tecnologias relacionadas ao biodiesel, seguido pelo bioetanol. O biogás cresce e atinge um patamar semelhante ao do etanol no final do período analisado. Apesar do montante ainda pequeno em relação ao bioetanol e ao biodiesel, nota-se que há recursos sendo destinados a P&D&I de biogás nos últimos anos, refletindo as escolhas econômicas da produção apresentadas no início deste estudo.*



- ✓ *O cruzamento das informações sobre campo tecnológico com o tipo de biocombustível evidencia a relevância de depósitos relativos a bioetanol de segunda e terceira gerações. Os pedidos de patentes de biocombustíveis concentram-se majoritariamente no campo tecnológico da química. Considerando a informação em um nível mais desagregado, por subcampo tecnológico, entre os pedidos relacionados a bioetanol a biotecnologia predomina. Também é importante a química de alimentos, em razão de sua aplicação no processamento de biomassa vegetal e sua utilização em plantas submetidas à engenharia genética. Nos pedidos de patente relacionados à biodiesel, a química de materiais básicos é o subcampo predominante.*
- ✓ *As empresas respondem por 37% dos pedidos de patente depositados por brasileiros em biocombustíveis e o mesmo percentual foi realizado por organizações pertencentes à administração pública, incluindo universidades, institutos de pesquisa e também órgãos de fomento. Estes dados demonstram a importância de que se estabeleçam parcerias entre empresas e universidades para que as pesquisas atinjam níveis mais altos de TRL.*
- ✓ *A análise das entrevistas junto a pesquisadores, detentores de patentes e gestores públicos sinalizou para a necessidade de se aprofundar estudos acerca das transformações do uso da terra (LUC) e suas consequências ambientais e econômicas.*
- ✓ *O presente estudo mostrou que, por seu histórico de pioneirismo no setor, pela maturidade de seu sistema de inovação, pelo dinamismo do agronegócio e pela abundância de recursos renováveis, o país tem o potencial de se consolidar como referência em P&D&I em bioenergia. O contexto de transição energética para padrões sustentáveis de desenvolvimento econômico apresenta grandes oportunidades e diferentes possibilidades de rotas tecnológicas para que o Brasil se consolide como protagonista global em biocombustíveis.*



Referências

ANP. Agência Nacional do Petróleo. [Pesquisa, desenvolvimento e inovação — Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis](#). Visita em 01/12/2024.

BRASIL. Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências.

BRASIL. Lei nº 13.576/2017, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. Diário Oficial da União de 27/12/2017.

BRASIL. Lei nº 14.933/2024, de 8 de outubro de 2024. Dispõe sobre a promoção da mobilidade sustentável de baixo carbono e a captura e a estocagem geológica de dióxido de carbono; institui o Programa Nacional de Combustível Sustentável de Aviação (ProBioQAV), o Programa Nacional de Diesel Verde (PNDV) e o Programa Nacional de Descarbonização do Produtor e Importador de Gás Natural e de Incentivo ao Biometano; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999, 8.723, de 28 de outubro de 1993, e 13.033, de 24 de setembro de 2014; e revoga dispositivo da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002.

BRASIL/MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (2024) Nova indústria Brasil – Nova indústria Brasil – forte, transformadora e sustentável: Plano de Ação para a neointustrialização 2024-2026 / Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços, Conselho Nacional de Desenvolvimento Industrial (CNDI). -- Brasília: CNDI, MDIC, 2024. 102 p

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA) E ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). Cadeia da soja e do biodiesel: PIB, empregos e comércio exterior – 4o trimestre de 2023. 2024. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-da-cadeia-de-soja-e-biodiesel-1.aspx>>

CHAGAS, A. L. S. (2012) Economia de baixo carbono: avaliação de impactos de restrições e perspectivas tecnológicas subprojeto 2 - estudos setoriais: biocombustíveis. USP/Ribeirão Preto, 2012. Relatório de pesquisa.

CORE TEAM (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

EPE. InovaE Brasil – Painel de indicadores de investimentos em inovação em energia no Brasil. Disponível em: <https://dashboard.epe.gov.br/apps/inova-e/index.html>

FELLOWS, I. (2018). <https://CRAN.R-project.org/package=wordcloud>



FEINERER I.; HORNIK K.; MEYER D. (2008). Text Mining Infrastructure in R. **Journal of Statistical Software**, 25(5), 1–54. doi:10.18637/jss.v025.i05.

GARNICA, L. A.; TORKOMIAN A. L. V. (2009) Gestão de tecnologia em universidades: uma análise do patenteamento e dos fatores de dificuldade e de apoio à transferência de tecnologia no Estado de São Paulo. *Gestão & Produção* 16, nº 4: 624–38. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000400011>.

GRASSI, M.C.B.; PEREIRA, G.A.G. (2019) Energy-cane and RenovaBio: Brazilian vectors to boost the development of Biofuels. **Industrial Crops and Products**. Volume 129, Pages 201-205, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.12.006>.

GOLDEMBERG, J. (2008) The Brazilian biofuels industry. **Biotechnol Biofuels** 1, 6. <https://doi.org/10.1186/1754-6834-1-6>

INPI (2022) Mapeamento de Patentes de Tecnologias Nacionais Relacionadas a Fontes Renováveis: Biocombustíveis. (Radar Tecnológico). [Autores: dos Santos, P.R. & Gandara, S.S.S.] Rio de Janeiro. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI)/DIRPA/DIESP. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/radarestecnologicos>

KLEIN, B. C.; CHAGAS, M. F. WATANABE, M. D. B.; BONOMI, A.; MACIEL FILHO, R. (2019) Low Carbon Biofuels and the Brazilian National Biofuel Policy (Renovabio): a case study for sugarcane mills and integrated sugarcane-microalgae biorefineries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 115, 109365. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109365>

KHAN, S.; NAUSHAD, M.; IQBAL, J; BATHULA, C.; AL-MUHTASEB, A. H. (2022) Challenges and Perspectives on innovative technologies for biofuel production and sustainable environmental management. **Fuel** 325, 124845. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124845>

LEMOS, G. L.; CARDOSO, M. F. O.; COSTA, H. K. M. (2024) Biogás e biometano no Brasil: panorama e perspectivas. **Desenvolvimento e meio ambiente**. Vol. 63, p. 464-485. Jan./jun. 2024 DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v63i0.88929>

MAINARDES, C. (2025) Brasil deve virar maior produtor global de carinata, matéria-prima para SAF. **Valor Econômico**. 22/01/2025 – Caderno de Agricultura.

MAZZUCATO, M. (2018) Mission-Oriented Innovation Policies: Challenges and Opportunities. **Industrial and Corporate Change**. 27, no 5: 803–15. <https://doi.org/10.1093/icc/dty034>.

MILANEZ, A. Y.; MAIA, G. B. S.; GUIMARÃES, D. D.; FERREIRA, C. L. A. (2022) Biodiesel e Diesel Verde no Brasil: Panorama Recente e Perspectivas. **BNDES Setorial**. V.28, N.56, P. 47-71.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (MMA) Acordo de Paris. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html>. Acesso em: 2 set 2024.



MORAES, M. A. F. D. (2007) O mercado de trabalho da agroindústria canieira: desafios e oportunidades. **Economia Aplicada** 11, nº 4: 605–19. <https://doi.org/10.1590/S1413-80502007000400008>.

MOREIRA, J.R.; GOLDEMBERG, J. (1999) The alcohol program. **Energy policy** 27: 229-245.

MOREIRA, M. M. R; ARANTES, S. M.; GAROFALO, D. F. T.; SILVA; J. F. L.; SOUZA, G. M; BACHION, L. C.; HARFUCH, L.; PALAURO, G. R.; SILVEIRA, L.; MACIEL, V. G.; GUARENGHI, M. M.; CRUZ, G. M. (2024) Valuation of the Brazilian RenovaBio conversion-free criteria on land use change emissions: Brazilian Biofuel Program and the use of risk-management approach. **IEA Bioenergy: Task 45**.

NUNES, M. P. (2017) Análise da Transferência de Tecnologia em Universidades Públicas. **Dissertação de Mestrado UFSC**, Florianópolis, 2017.

RAMOS, C. S. (2025) Novo biocombustível da Be8 atrai grandes empresas. **VALOR ECÔNOMICO**, 21/01/2025.

SAX C.; EDELBUETTEL D. (2018). Seasonal Adjustment by X-13ARIMA-SEATS in R. **Journal of Statistical Software**, 87(11), 1–17. doi:10.18637/jss.v087.i11.

SILVA, C. P. DA; GUEDES, C. A.; GURGEL A. M.; COSTA P. F. F. (2021) Condições de trabalho no cultivo da cana-de-açúcar no Brasil e repercussões sobre a saúde dos canieiros. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional** 46: e22. <https://doi.org/10.1590/2317-6369000007820>.

SILVA, E. L.; PINHEIRO, L.V. (2014) O Brasil e as pesquisas em inovação aberta: um estudo a partir dos Grupos de Pesquisa do CNPq. **LIINC em Revista**, Rio de Janeiro, v.10, n.2, p. 498-515.

SOUTINHO, L. C.; ROSÁRIO, F. J. P.; LIMA, A. A. (2014) Mapeamento de rotas tecnológicas do setor sucro energético brasileiro. Mudança tecnológica na produção de etanol derivado da cana de açúcar. **Revista Economia Política do Desenvolvimento**. V.1n.1: 80-89.

STM-ANP (2023) Relatório Anual de Tecnologia e Meio Ambiente. Superintendência de Tecnologia e Meio Ambiente da Agência Nacional de Petróleo. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/tecnologia-meio-ambiente/pesquisa-desenvolvimento-inovacao/relatorio-anual-de-tecnologia-e-meio-ambiente>

UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA - UDOP. [Etanol como commodity ou comoditização à brasileira? Difícil, mas não impossível](#). Publicado em 23/12/2021, acessado em 03/12/2024.

UNITED NATIONS (2015) Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

VANDENBERGHT, L.P.S; VALLADARES-DIESTRA, K.K.; BITTENCOURT, G.A.; ZEVALLOS TORRES, L.A.; VIEIRA, S.; KARP, S.G.; SYDNEY, E.B.; CARVALHO, J.C.; THOMAZ SOCCOL, V.; SOCCOL, C.R.



(2022) Beyond sugar and ethanol: The future of sugarcane biorefineries in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 167 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112721>

WICKHAM H, AVERICK M, BRYAN J, CHANG W, MCGOWAN LD, FRANÇOIS R, GROLEMUND G, HAYES A, HENRY L, HESTER J, KUHN M, PEDERSEN TL, MILLER E, BACHE SM, MÜLLER K, OOMS J, ROBINSON D, SEIDEL DP, SPINU V, TAKAHASHI K, VAUGHAN D, WILKE C, WOO K, YUTANI H (2019). “Welcome to the tidyverse.” *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686. doi:10.21105/joss.01686.

WIPO (2024) World Intellectual Property Report: Making Innovation Policy Work for Development. Geneva: World Intellectual Property Organization. DOI: <https://doi.org/10.34667/tind.49284>

WIPO (2025) WIPO Technology Trends Report 2025: The Future of Transportation. Geneva: World Intellectual Property Organization. DOI: <https://10.34667/tind.5796>

ZEILEIS A.; HOTHORN T. (2002) Diagnostic Checking in Regression Relationships. **R News**, 2(3), 7–10. <https://CRAN.R-project.org/doc/Rnews/>.



Apêndice

A metodologia deste estudo envolveu procedimentos qualitativos e quantitativos. Neste apêndice são dados maiores detalhes sobre os procedimentos adotados.

Para o teste da hipótese de que a volatilidade dos preços internacionais do petróleo afeta a produção de biocombustíveis no Brasil foi utilizada como variável dependente o Índice da Produção Física Mensal obtido junto ao IBGE (Tabela 8885 do sistema de recuperação). O período de análise foi de janeiro de 2002 a junho de 2024. O preço internacional do petróleo foi o Brent Crude Index e do açúcar foi o Sugar Index, ambos obtidos junto ao Fundo Monetário Internacional (FMI) em seu Primary Commodity Price System. O índice da produção em biocombustíveis recebeu ajuste sazonal usando protocolo X-13ARIMA-SEATS Seasonal Adjustment Program do United States Census Bureau utilizando o pacote “seasonal” do programa R. O teste de causalidade de Granger foi executado com o pacote “lmtest”, também do programa R. Os cálculos das correlações contemporâneas e com defasagem temporal valeram-se de comandos básicos do R.

A estimativa da influência do percentual da mistura de biodiesel sobre a produção foi obtida por regressão linear múltipla. Como os dados da produção de biodiesel são anuais iniciando-se em 2014 esta é a técnica mais indicada, tendo em vista o pequeno número de observações. A mistura foi calculada a partir de levantamento das normativas e ponderada quando a normativa foi emitida durante o ano. A taxa de crescimento do PIB foi obtida junto ao IBGE em outubro de 2024 (portanto não incorpora atualizações posteriores). O crescimento do PIB foi incorporado pelo pressuposto que maiores níveis de produção demandam maior volume de diesel, ou seja, é uma variável de controle para evitar-se correlação espúria entre o percentual de mistura e o volume de produção (ambos são crescentes no período). A **Tabela 48** apresenta os resultados para 4 diferentes configurações de regressão. Os modelos 1 e 2 utilizam as variáveis em suas dimensões originais. Os modelos 3 e 4 utilizam o volume produzido e a taxa de mistura em logaritmos naturais. Nota-se que a inclusão do PIB, apesar da variação do PIB não ser estatisticamente significativa, é importante para que o modelo não apresente autocorrelação dos resíduos, tendo em vista o resultado da linha Durbin-Watson. O grau de ajustamento é elevado indicando alta correlação. O modelo linear (1) indica que para cada percentual a mais de mistura de biodiesel no diesel o consumo de biodiesel aumenta 508.544. Já o modelo 3 indica que aumento de 1% na taxa (não confundir com 1 ponto percentual) leva a aumento de 0,8% no consumo de biodiesel.

TABELA 48 - REGRESSÕES PARA ESTIMATIVA DA INFLUÊNCIA DA TAXA DE MISTURA DO BIODIESEL EM SEU CONSUMO

VARIÁVEL	MODELO 1	MODELO 2	MODELO 3 (log)	MODELO 4 (log)
Intercepto	765.065	308.017	13,52	13,35***
Mistura	508.544**	564.489***	0,89	0,99***
PIB	100.951		0,02	
R ² ajustado	0,76	0,75	0,83	0,82
Durbin-watson	1,75	1,21*	2,03	1,45.

Fonte: elaboração própria. Códigos de significância: “****” 0,001; “***” 0,01; “**” 0,05; “.” 0,10



A análise acerca dos grupos de pesquisa iniciou-se com a obtenção dos microdados do Censo dos Grupos de Pesquisa de 2023, que envolve a coleta do período 2017 e 2023. A filtragem de quais grupos analisar valeu-se das seguintes palavras-chave: *biocombustíveis*, *etanol*, *biodiesel*, *biometanol*, *bioquerosene* e *emetanol*. Quando o filtro foi aplicado nos nomes dos grupos de pesquisa houve resgate de 35 grupos de pesquisa. Usando o mesmo procedimento no nome das linhas de pesquisa o resultado foi de 218 grupos. As listagens dos dois procedimentos foram unificadas e excluídas as redundâncias. Como resultado final resultaram 227 grupos de pesquisa que citam uma das palavras-chave, ou no próprio nome do grupo, ou no nome de alguma linha de pesquisa. Para a filtragem e elaboração das nuvens de palavras foram utilizados os seguintes pacotes do R: *“tidyverse”*, *“tm”*, *“wordcloud”*.

A produção científica nacional publicada internacionalmente foi buscada junto à base “Web of Science”, do grupo Clarivate. A palavra buscada foi “biofuel” em todos os campos de busca (nome do artigo, palavras chave e *abstract*). O corte temporal escolhido foi de artigos publicados de janeiro de 2021 até julho de 2024. Também foi imposta a condição que o artigo possua pelo menos um autor brasileiro. Como resultado foram obtidos 1.921 artigos. Após a aplicação dos filtros foi realizado a obtenção do banco de dados com as informações dos arquivos. As variáveis utilizadas foram: autoria; nome do artigo, palavras chave, *abstract*, afiliação, organizações de fomento, áreas de pesquisa e índice da Web Of Science. Para estabelecimento dos rankings de instituições e de instituições de fomento houve reclassificação manual, uma vez que a mesma instituição pode aparecer com diferentes grafias. Para a elaboração dos rankings de frequência de palavras e elaboração das nuvens de palavras foram utilizados os pacotes do R já citados anteriormente.

A partir do bando de dados dos projetos de pesquisa registrados na ANP procedeu-se análises com passos análogos aos realizados nas análises dos Grupos de Pesquisas e dos artigos internacionais.

Para enriquecer a análise, dirimir dúvidas e ouvir diferentes atores do sistema de inovação em biocombustíveis do país foram realizadas entrevistas semiestruturadas cujos instrumentos estão disponibilizados nos anexos deste estudo. Com o intuito de garantir diversidade de visões foram procurados os seguintes atores: i) pesquisadores reconhecidos por sua produção internacional e/ou por liderarem programas de pós-graduação na área de biocombustíveis; ii) entidades que representem empresas produtoras de biocombustíveis; iii) pessoas físicas depositantes de patentes em biocombustíveis; iv) empresas produtoras de biocombustíveis que realizam pesquisas e instituições de pesquisa; v) técnicos e gestores da ANP. Os pesquisadores foram selecionados entre os com maior número de publicações no levantamento feito junto à Web of Science, de forma a garantir que não houvesse a repetição de instituições. As entidades foram escolhidas com base em sua representatividade em geração de estudos e conteúdos técnicos da área. As pessoas físicas depositantes de patentes foram escolhidas dentre as que mais depositaram patentes nos últimos 10 anos. As empresas e entidades de pesquisa foram selecionadas tanto pela sua participação em patentes quanto por possuírem laboratórios cadastrados na ANP.

A **Tabela 49** apresenta os quantitativos de tentativas de agendamento de entrevistas e o número de sucesso obtido. O formato das entrevistas, o procedimento de seleção da amostra e o quantitativo de respostas obtidas não permitem quaisquer tratamentos estatísticos padrão.



Houve casos de entrevistados que, posteriormente observou-se, enquadravam-se em mais de uma categoria. Por exemplo, entrevistou-se detentor de patente que é empresário e líder de entidade representativa. Nestes casos, os instrumentos aplicados foram os que originalmente haviam sido destinados àquele ator. Logo a tabela abaixo não contém dupla contagem.

TABELA 49 - AMOSTRA DAS ENTREVISTAS SEMIESTRUTURADAS

PERFIL DO ENTREVISTADO	NÚMERO DE CONVITES	NÚMERO DE ENTREVISTAS
Pesquisadores	7	2
Entidades	2	1
Pessoas físicas depositantes de patentes	5	2
Empresas e Instituições de pesquisa	10	3
ANP	3	1
Total	27	9

Fonte: elaboração própria.

O levantamento dos pedidos de patente relacionados a biocombustíveis analisados no Capítulo 3 foi realizado na base de dados Derwent World Patents Index (DWPI) em novembro de 2024, e apresenta um escopo amplo, que abrange toda a cadeia dos biocombustíveis, incluindo não apenas tecnologias relacionadas a produção de biocombustíveis, mas também tecnologias acessórias, como maquinários e insumos. Adicionalmente, os dados obtidos na Derwent World Patents Index foram cruzados com os dados da Base de Informação Tecnológica do INPI (BINTEC) a fim de obter os dados bibliográficos referentes aos pedidos depositados no Brasil, incluindo dados de depositantes residentes no Brasil e estado legal dos pedidos no INPI.



TABELA 50 - ESTRATÉGIA DE BUSCA

Blocos de busca	Palavras-chave
1	TAB=((bio-fuel or bio-fuels or bio-diesel or bio-ethanol or bio-gas or bio-methanol or Bio-Qav or bio-kerosene or bio-hydrogen or bio-butanol or bio-isobutanol or bio-iso-butanol or bio-isopropanol or bio-iso-propanol or bio-gasoline or bio-ether or bio-methane or bio-butane or bio-syngas or "bio-synthesis gas" or bio-refin* or bio-hydrocarbon* or bio-crude or "crude bio-oil" or "bio-dimethyl ether" or bio-DME or bio-dimethylfuran or bio-DMF or biofuel or biofuels or biodiesel or bioethanol or biogas or biomethanol or BioQav or biokerosene or biohydrogen or biobutanol or bioisobutanol or bioiso-butanol or bioisopropanol or bioiso-propanol or biogasoline or bioether or biomethane or biobutane or biosyngas or "biosynthesis gas" or biorefin* or bio-hydrocarbon* or biocrude or "biodimethyl ether" or bioDME or biodimethylfuran or bioDMF or Bio-MTBE or Bio-ETBE or Bio-TAME or Bio-TAEE or BioMTBE or BioETBE or BioTAME or BioTAEE))) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)
2	TAB=((green or sustainable or renewable or bio*) ADJ2 (diesel or ethanol or kerosene or *butanol or *propanol or methanol)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)
3	(TAB=("renewable feedstock*" or "bio* feedstock*" or biofeedstock* or (renewable NEAR2 material*) or biomass or cellulose* or lignocellulose* or "bio-oil") NEAR2 (fuel or fuels or diesel or ethanol or methanol or kerosene or butanol or isobutanol or iso-butanol or isopropanol or iso-propanol or gasoline or methane or butane or syngas or "synthesis gas" or hydrocarbon* or "crude oil" or "dimethyl ether" or DME or dimethylfuran or DMF or MTBE or ETBE or TAME or TAEE or MTBE or ETBE or TAME or TAEE)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024))
4	(TAB=((1G or 2G or 3G or 4G) NEAR ethanol) OR TAB=(generation ADJ ethanol)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)
Classificações específicas	
5	AIC=((Y02E005010 or C10L22000469 or C10L22000476 or C10L22000484 or C10L00054* or B01D225805 or C02F00032893 or C12P0007649 or C10G23001011 or C10G23001014 or C10G23001018 or C10J23000916 or C10J23000926)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)
6	MC=((H06-B04A or H06-B07 or Q51-D07C or Q73-A15D or Q74-A25D or X15-E or H06-A04)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)
Combinações Classificações e Palavras-chave	
7	(AIC=(C10) or MC=(H06 or H09) or TI=(fuel or fuels)) AND (TI=(diesel or ethanol or methanol or kerosene or butanol or *butanol or *propanol or gasoline or methane or butane or syngas or "synthetic gas" or hydrocarbon* or "crude oil" or "dimethyl ether" or DME or dimethylfuran or DMF or MTBE or ETBE or TAME or TAEE or MTBE or ETBE or TAME or TAEE)) AND (AIC=(C12P0005 or C12P0007 or C02F0003 or C02F001102 or C02F001104 or C12M0001107 or C12M00021 or Y02P003020 or C12P0019 or C13K or C12P2201 or C12P2203 or Y02P0020145)) AND CC=(BR) AND AY>=(2000) AND AY<=(2024)



TABELA 51 - CATEGORIZAÇÃO POR TIPO DE BIOCOMBUSTÍVEL

Tipo do biocombustível	Classificação CPC/IPC	Classificação Manual Codes DWPI	Palavras-chave
BIOETANOL	C07C 31/108 C12P 7/06 a 14	D05-B03 E10-E04E2 E10-E04EL2	ethanol, etanol
BIODIESEL	C10G 2300/1055 C10G 2400/04 C10L 2200/0446 C10L 2200/0476 C10N 2040/252 C10N 2040/253 C12P 7/649	H06-B04	diesel
BIOGÁS	B01D 2256/245 B01D 2258/05 C02F 11/04 C02F 3/2893 C07C 9/04 C10J 2300/1662 C10L 3 C12M 1/07 C12M 21/04 C12M 23/36 C12M 47/18 C12P 5/023	D05-C14 E10-J02D1 H06-A04	biogás, methane, metano
BIOQUEROSENE	C10G 2300/1051 C10L 2200/043	H06-B02	kerosene, querosene

Os campos e subcampos tecnológicos apresentados neste estudo são baseados na [Tabela de Correspondência]⁵² proposta pela WIPO com base na Classificação Internacional de Patentes (CIP) que identifica cinco campos tecnológicos (engenharia elétrica, instrumentos, química, engenharia mecânica e outros campos) e os subdivide em 35 campos tecnológicos mais específicos.

Para avaliar o quanto os conjuntos de textos envolvidos nos quatro tipos de documentos utilizados nas análises qualitativas deste estudo são similares ou não se procedeu a teste qui-quadrado de independência. Este teste compara as frequências relativas de cada categoria possível entre as duas variáveis independentes. No caso específico deste estudo as variáveis independentes são: i) resumos descritivos das patentes depositadas por brasileiros; ii) resumo dos artigos publicados por brasileiros no sistema WoS; iii) resumo dos objetivos dos grupos de pesquisa; e vi) resumo dos projetos de pesquisa cadastrados na ANP. O recorte analisando as patentes depositadas por brasileiros foi escolhido porque se objetivou analisar se há ligação entre as patentes e a produção científica brasileira.

Este teste tem como hipótese nula a que as duas variáveis analisadas são dependentes. Já a hipótese alternativa é a de que as variáveis são independentes. No caso específico deste estudo, para poder afirmar que as patentes possuem relação com artigos (por exemplo) não pode haver a rejeição da hipótese nula. Tecnicamente, que o nível de significância seja maior

⁵² Última atualização disponível em: https://www.wipo.int/ipstats/en/docs/ipc_technology.xlsx



que 10%, como usualmente se faz em análises estatísticas. O cálculo se baseia na comparação das frequências das categorias.

Para este caso específico cada palavra consiste em uma categoria. Nas frequências originais do corpo de cada uma das fontes de resumos temos: i) 16.174 palavras distintas nos resumos de patentes depositadas por brasileiros, em inglês; ii) 22.048 palavras nos resumos de artigos publicados na Wos, em inglês; iii) 5.944 palavras nos resumos dos objetivos dos grupos de pesquisa, em português; iv) 1.488 palavras nos resumos dos projetos de pesquisa cadastrados na ANP, em português. Ocorre que a maioria das palavras apresentam frequência 1, ou seja, aparecem apenas uma vez em cada conjunto analisado. Por conta disto selecionou-se as 20 palavras mais frequentes em cada nuvem. Posteriormente foi feita a concatenação. Para a concatenação, as palavras em português foram traduzidas para inglês. Ao fazer isto surgem palavras que não se tem informação de frequência em alguns dos corpos, pois partiu-se das 20 mais frequentes. Após isto, foi feita a busca destas palavras nas tabelas de frequência completas para resgatar estes números da base maior e imputa-los na base de concatenação. Terminada a fase de concatenação, foi feito trabalho de observar nas tabelas de frequência palavras similares em seu radical, mas com concordância diferente. Por exemplo somou-se às frequências das palavras elencadas as frequências delas no singular (ou plural). Isto é feito para que se capture com mais precisão possível a intenção do uso daquela palavra nos textos. Neste procedimento excluíram-se palavras que por algum motivo não apareciam em algum dos conjuntos de análise. A **Tabela 52** apresenta o conjunto de palavras que deu origem aos testes relatados no capítulo 4.

**TABELA 52 - FREQUÊNCIA DAS PALAVRAS MAIS CITADAS NOS CONJUNTOS DE DOCUMENTOS ANALISADOS**

PALAVRA	PATENTES	ARTIGOS	GRUPOS DE PESQUISA	PROJETOS NA ANP
acid	1611	443	9	15
analysis	74	782	1105	3
biodiesel	1190	633	1554	20
biofuel	768	510	1020	36
biomass	1059	964	974	20
brazil	9	813	505	6
carbon	680	580	167	14
catalysts	837	489	818	16
conditions	411	590	411	8
conversion	93	43	363	20
corn	111	149	44	15
data	70	626	429	4
develop	42	681	5299	82
energy	487	1229	1424	5
ethanol	974	890	694	45
evaluate	11	288	1339	14
infrastructure	4	25	6	16
involves	1143	36	111	1
biogas	554	640	528	1
laboratory	20	50	156	15
line	74	35	1964	2
material	1413	603	1730	2
method	1861	292	1267	2
model	32	929	749	5
oil	1236	780	557	9
pilot	7	31	92	17
potential	48	854	544	4
process	1907	1163	4672	55
producing	850	104	86	7
production	1185	1710	3577	73
products	315	306	1877	10
project	4	69	1503	4
properties	104	514	896	7
reactor	921	165	181	4
renewable	233	224	450	15
scale	40	165	237	15
sugarcane	282	553	106	5
study	8	3	2438	7
system	1217	861	2168	11
temperature	766	408	57	1
used	2527	58	1788	18
waste	745	268	29	16
water	1141	539	367	3
work	13	631	156	3

Fonte: elaboração própria.



Anexo

Roteiro de entrevistas realizadas junto a associações de produtores:

- 1) Quantas empresas associadas fazem parte da associação?
- 2) Qual a atual capacidade produtiva dos associados?
- 3) Quais as perspectivas de crescimento desta capacidade produtiva?
- 4) Atualmente, quais as principais origens de tecnologia nos processos produtivos dos associados?
- 5) A tecnologia atualmente adotada nos processos produtivos é licenciada de algum país estrangeiro, ou está embarcada em maquinários e sistemas computacionais?
- 6) A Associação mantém algum tipo de centro de P&D&I?
- 7) Algum associado mantém centro de P&D&I? Pode dizer quais os centros mais relevantes?
- 8) Quais as pesquisas que a associação está mantendo?
- 9) Quais os desafios tecnológicos para a produção?
- 10) O que as empresas têm feito para superar estes desafios?
- 11) Quais as tendências mais promissoras para o avanço tecnológico em biocombustíveis?
- 12) Como o Brasil está inserido nestas tendências?

Roteiro de entrevistas realizadas junto a pessoas físicas depositantes de patentes:

- 1) A(s) patente(s) em que participa foram originadas de projeto de pesquisa acadêmica ou desenvolvida em algum laboratório de desenvolvimento de empresa (pública ou privada)?
- 2) Houve financiamento de alguma agência de fomento para as pesquisas que levaram a esta patente? (se sim perguntar quais agências e editais envolvidos)
- 3) A patente está sendo utilizada em algum processo produtivo?
 - a. Quantas empresas utilizam esta patente em seu processo produtivo?
 - b. A patente foi incorporada como forma de inovação em algum maquinário produtivo?
 - c. Esta patente foi 'exportada' de alguma forma? (por exemplo, se incorporada em algum maquinário, este maquinário é exportado?)
- 4) Caso a patente não esteja sendo utilizada em processo produtivo, poderia explicar quais as possíveis causas deste não aproveitamento?
 - a. Realizou algum esforço de 'venda'/licenciamento da patente?
 - b. Que dificuldades enfrenta para a 'venda'/licenciamento da patente?
- 5) Está envolvido em algum projeto que visa o depósito de alguma nova patente?
- 6) Este projeto é na temática de biocombustíveis?
- 7) Em seu ponto de vista qual deveria ser a estratégia de pesquisa e inovação que deveríamos adotar no tocante à temática de biocombustíveis?
- 8) Quais as tendências mais promissoras para o avanço tecnológico em biocombustíveis?
- 9) Como o Brasil está inserido nestas tendências?

Roteiro de entrevista com empresas depositantes de patentes:



- 1) A empresa mantém algum centro de desenvolvimento em PDI?
 - a. Quantos pesquisadores (e pessoas) estão envolvidos neste centro?
 - b. Este centro possui parceria com alguma IES?
 - c. Qual o orçamento anual do centro?
- 2) Houve financiamento de alguma agência de fomento para as pesquisas que levaram a esta patente? (se sim perguntar quais agências e editais envolvidos)
- 3) A patente está sendo utilizada em algum processo produtivo?
 - a. Quantas empresas utilizam esta patente em seu processo produtivo?
 - b. A patente foi incorporada como forma de inovação em algum maquinário produtivo?
 - c. Esta patente foi 'exportada' de alguma forma? (por exemplo, se incorporada em algum maquinário, este maquinário é exportado?)
- 4) Caso a patente não esteja sendo utilizada em processo produtivo, poderia explicar quais as possíveis causas deste não aproveitamento?
 - a. Realizou algum esforço de 'venda'/licenciamento da patente?
 - b. Que dificuldades enfrenta para a 'venda'/licenciamento da patente?
- 5) A empresa está envolvida em algum projeto que visa o depósito de alguma nova patente?
- 6) Este projeto é na temática de biocombustíveis?
- 7) Em seu ponto de vista qual deveria ser a estratégia de pesquisa e inovação que deveríamos adotar no tocante à temática de biocombustíveis?
- 8) Quais as tendências mais promissoras para o avanço tecnológico em biocombustíveis?
- 9) Como o Brasil está inserido nestas tendências?