



**Mapeamento de Patentes
Depositadas no Brasil sobre
Tecnologias Relacionadas à
Produção de Hidrogênio, com
Enfoque em Hidrogênio Verde**

2023



Produção de Hidrogênio

Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI

Presidente Interino: Júlio César Castelo Branco Reis Moreira

Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados – DIRPA

Diretor-Substituto: Alexandre Dantas Rodrigues

Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica - CEPIT

Coordenador: Alexandre Gomes Ciancio

Divisão de Estudos e Projetos- DIESP

Chefe: Irene von der Weid

Autoras

Priscila Rohem dos Santos

DIESP/CEPIT/DIRPA

Sabrina da Silva Santos Gandara

DIESP/CEPIT/DIRPA

Revisão

Irene von der Weid

Cristina D'Urso de Souza Mendes

Agradecimento

Pedro Igor Veillard Farias - Pesquisador em Propriedade Industrial e Assessor Técnico da Presidência da República

Ficha Catalográfica

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

S237 Santos, Priscila Rohem dos.
Mapeamento de patentes depositadas no Brasil sobre tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio com enfoque em hidrogênio verde. / Priscila Rohem dos Santos e Sabrina da Silva Santos Gandara. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil) – INPI, Diretoria de Patentes, Programas de Computador e Topografia de Circuitos Integrados - DIRPA, Coordenação Geral de Estudos, Projetos e Disseminação da Informação Tecnológica - CEPIT e Divisão de Estudos e Projetos - DIESP, 2022.

58 p.; figs.; tabs.

1. Informação tecnológica – Patente. 2. Informação tecnológica – Produção de hidrogênio. 3. Informação tecnológica – Hidrogênio verde. 4. Fontes de energia renováveis. 5. Energia limpa. I. Instituto Nacional da Propriedade Industrial (Brasil). II. Gandara, Sabrina da Silva Santos. III. Título.

Permitida a reprodução, desde que citada a fonte. Todos os direitos reservados aos autores e editores da publicação.

Sumário

Lista de Abreviaturas	4
1 Introdução	6
1.1 Parcerias e conexão para gerar inovação.....	7
1.2 Contextualização.....	8
1.2.1 Desenvolvimento sustentável no setor energético	8
1.2.2 O mercado de Hidrogênio	13
1.3 Classificações do Hidrogênio.....	14
1.3.1 Hidrogênio Verde	16
1.3.2 Matriz Energética e Hidrogênio Verde.....	18
2 Objetivo	215
3 Resultados	22
3.1 Produção de hidrogênio ao longo do tempo: evolução dos depósitos de pedidos de patente.....	23
3.2 Categorização dos pedidos de patente	25
3.3 Situação dos pedidos: processamento no INPI.....	27
3.4 Uso do Programa de Trâmite Prioritário Patentes Verdes	29
3.5 Origem das tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio	30
3.6 Análise de famílias de patentes.....	34
3.7 Principais depositantes de pedidos de patentes relacionados à produção de hidrogênio	36
3.7.1 Quem são os depositantes nacionais?	39
3.8 Análise de Gênero: um diagnóstico	41
4 Discussão	44
5 Referências	49
Apêndice 1: Metodologia	53

Lista de Abreviaturas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível

ARIPO – Organização Regional Africana de Propriedade Intelectual

BEN – Balanço Energético Nacional

CCUS – *Carbon Capture, Utilization and Storage*

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

CIP – Classificação Internacional de Patentes

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

CPC – Classificação Cooperativa de Patentes

CSIRO – *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*, organismos de pesquisa científica na Austrália.

DWPI – *Derwent World Patents Index*

EAPO – Organização Eurasiática de Patentes (Armênia, Arzeibaijão, Belarus, Casaquistão, Quirguistão; Tajiquistão, Turkmenistão, Rússia)

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

EPO – *European Patent Office* (Escritório Europeu de Patentes)

ESG – originário da sigla em inglês *Environmental, Social and Governance* (Princípios Ambientais, sociais e de governança)

GESI – *Gender Equity and Social Inclusion Policy* (Política de equidade de gênero e inclusão social)

GEE – Gases de Efeito Estufa



Produção de Hidrogênio

GW – Gigawatt, grandeza física de potência

H₂ – Hidrogênio

IEA – *International Energy Agency* (Agência Internacional de Energia)

INPADOC – base de dados do Escritório Europeu de Patentes (EPO) que contém eventos legais de mais de 50 autoridades de Propriedade Industrial no mundo

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

IRENA – *International Renewable Energy Agency* (Agência Internacional para as Energias Renováveis)

ISES – Informe sobre Soluções Estratégicas do CGEE

MME – Ministério de Minas e Energia

Net Zero – Neutralidade de Carbono, ou seja, um estado de emissões líquidas zero de dióxido de carbono.

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OMPI – Organização Mundial da Propriedade, originário da sigla em inglês *WIPO World Intellectual Property Organization*

PCT – *Patent Cooperation Treaty* (Acordo de Cooperação em Matéria de Patentes)

PDE 2031 – Plano Decenal de Expansão de Energia 2031

PNE 2050 – Plano Nacional de Energia 2050

PNH2 – Programa Nacional do Hidrogênio

RPI – Revista da Propriedade Industrial

USPTO – *United States Patent and Trademark Office* (Escritório de Marcas e Patentes dos Estados Unidos)

SIPO – Escritório de Patentes da China

1 Introdução

O tema deste Radar Tecnológico é o monitoramento de pedidos de patente que tratam de tecnologias para a produção de hidrogênio, com enfoque para a produção de hidrogênio verde. O estudo delinea-se a partir da identificação e categorização dos documentos de patente relacionadas à produção de hidrogênio, depositados nos últimos 10 anos no Brasil.

Este Radar Tecnológico é o terceiro estudo de uma série dedicada à divulgação de tecnologias que apresentam alternativas energéticas obtidas a partir de matrizes renováveis. O primeiro abordou energias renováveis obtidas de fontes solar, eólica e hídrica ¹ e o segundo trabalho focou em biocombustíveis². No presente trabalho, são apresentados dados de pedidos de patente depositados no Brasil tanto por residentes, quanto por não residentes.

Procurou-se durante a fase das análises, sempre que possível, identificar, por meio da categorização, os processos que explicitamente descreviam o uso de energias renováveis (solar, eólica, hídrica) como fonte energética, uma vez que a produção de hidrogênio é eletrointensiva. Estima-se que cerca de 70% dos custos na produção de hidrogênio são atribuídos ao elevado consumo energético (McKinsey, 2021).

Visando identificar o total de tipos de tecnologias ligadas à produção de hidrogênio que foram alvo de pedidos de patente depositados em território nacional, definições mais amplas, que englobam o conceito de hidrogênio renovável ³ foram incorporadas à estratégia de busca. Os documentos identificados

¹ https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/18_03_22Renovaveissolareolicahidrica.pdf.

² [https://www.gov.br/inpi/pt-](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/RadarTecnologico_publicacao_Biocombustveis_12_09_22.pdf)

[br/assuntos/informacao/RadarTecnologico_publicacao_Biocombustveis_12_09_22.pdf](https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/RadarTecnologico_publicacao_Biocombustveis_12_09_22.pdf)

³ Após entrar em contato com o Informe iSES produzido pelo CGEE em parceria com atores relevantes do Sistema Nacional de Inovação, a estratégia de busca deste Radar Tecnológico foi ampliada para considerar produção de hidrogênio como um todo.

foram então categorizados de acordo com o tipo de método de produção utilizado.

É digno de nota que alguns pedidos relatam especificamente o emprego de energia renovável em seu processo de produção, enquanto que outros referem-se especificamente à finalidade da produção de hidrogênio, seja para uso em transporte ou na indústria, por exemplo.

1.1 Parcerias e conexão para gerar inovação

A Organização Mundial de Propriedade Intelectual (OMPI) criou, no âmbito internacional, a plataforma *online* - WIPO GREEN⁴ - para promover o *matchmaking*⁵, facilitar relações comerciais e estimular a transferência de tecnologia entre atores, facilitando assim a incorporação de tecnologias verdes no mercado.

O *matchmaking* pode ser considerado uma via de mão dupla, promovendo parcerias nas quais ambas as partes podem se beneficiar de troca de experiências e ferramentas, impulsionando seu crescimento.

Através deste *matchmaking* as entidades empresariais podem identificar parcerias estratégicas, em busca de soluções mais amadurecidas para suas demandas e metas. Por outro lado, para a entidade desenvolvedora de tecnologia, que pode ser uma Universidade ou uma *startup*, por exemplo, abre-se a possibilidade de testar as tecnologias em maior escala bem como fazer aperfeiçoamentos nas suas invenções.

A conexão entre os provedores e os consumidores de tecnologias ambientalmente sustentáveis, no âmbito do WIPO Green, se dá por meio de um banco de dados, projetos de rede e programas de aceleração. As ações visam catalisar a inovação

⁴ <https://www3.wipo.int/wipogreen/en/>

⁵ Rodadas de negócios motivadas pela apresentação de possíveis parceiros para desenvolvimento conjunto ou no intuito de trazer uma invenção da bancada ao mercado para assim atendê-lo em grande escala.

e a difusão de tecnologias verdes entre os principais atores neste setor tecnológico.

Considerando que o entendimento do cenário brasileiro de desenvolvimento e proteção de tecnologias verdes poderá ter um impacto regional e global diante dos avanços do País, o INPI está também envolvido numa parceria com o CEPAL e o Euroclima+ em um projeto que visa promover *matchmaking* entre atores, com vistas a estimular principalmente a cooperação científico-tecnológica Sul-Sul e também cooperações entre a América Latina e a Europa⁶, nos eixos de agricultura sustentável, energias renováveis e tratamento de resíduos⁷. Nesta parceria, estudos desenvolvidos na Divisão de Estudos e Projetos da DIRPA/INPI, visam subsidiar as ações que compõem o projeto.

1.2 Contextualização

1.2.1 Desenvolvimento sustentável no setor energético

Fundamentado na *triple bottom line* de John Elkington (Elkington 1999; 2001 e 2018), a sustentabilidade, em essência, apoia-se na economia e nos lucros na dimensão financeira, e nos anseios da sociedade e de seus indivíduos na dimensão social (Alves e Silva, 2013), ultrapassando, portanto, em muito, a questão meramente ambiental.

Existem importantes marcos legais relacionados à sustentabilidade, e este assunto passa a ser cada vez mais uma exigência da sociedade. O cenário fica, a cada dia, mais favorável à uma governança colaborativa e ao mesmo tempo conectada aos princípios ESG (governança ambiental, social e

⁶ <https://unsouthsouth.org/about/about-sstc/>. Há um portal específico sobre cooperação na América Latina em Hidrogênio: <https://h2lac.org/>

⁷ Apesar de não explicitado neste tipo de colaboração, o Hidrogênio também será alvo de rodadas de negócios elaboradas pela equipe do INPI.

corporativa, do inglês, *environmental, social, and corporate governance*).

O Estado é o principal prestador de serviços à sociedade, sendo demandante e fomentador do empreendedorismo e dos investimentos estrangeiros. Assim, espera-se que todas as esferas governamentais se apoiem nas mesmas bases sociais, ambientais e de governança, para construção de suas estratégias e planos de ação. A entrega à sociedade deve estar balizada nos cinco pilares: pessoas, planeta, parcerias, prosperidade e paz. Com base nestes pilares, é possível criar, implementar e sustentar verdadeiramente políticas públicas de Estado. Assim, a elaboração destas políticas públicas precisa estar baseada em princípios ambientais, sociais e de governança, de modo que a cultura ESG precisa estar no DNA dos governos e estes devem liderar pelo exemplo.

O crescimento populacional e demanda por eletricidade são crescentes em todo o mundo, de forma que atender a essa demanda e eliminar gradualmente os combustíveis fósseis exigirá um rápido aumento na geração de energia renovável. O Brasil, que conta com quase 50% de sua matriz energética baseada em fontes renováveis de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEM, 2022), poderá contribuir para construção de um cenário futuro desejável e esperado a nível global. No entanto, para que isto se torne possível, será essencial que se identifiquem e construam parcerias, de modo a estabelecer forte cooperação também a nível internacional.

O propósito de descarbonização da matriz energética, visando atingir o objetivo de neutralidade carbônica até 2050, do termo em inglês *Net Zero 2050*⁸, com a minimização das emissões de gases de efeito estufa (GEE), pressupõe uma série de ações em cadeia. A Agência Internacional para as Energias Renováveis (IRENA) define a transição energética como o

⁸ <https://www.oecd.org/publications/net-zero-by-2050-c8328405-en.htm>

caminho para transformação do setor energético global baseado em combustível fóssil para o carbono zero até 2050.

Torna-se essencial, portanto, reduzir em grande medida o uso de combustíveis fósseis nas atividades industriais⁹, especialmente aquelas de difícil descarbonização. Adicionalmente, a adoção de tecnologias que possam minimizar as emissões de GEE para a atmosfera é crucial para reduzir o aquecimento global¹⁰.

Para alcançar este objetivo de transição energética, uma ação importante poderia ser o estímulo à inserção da produção de hidrogênio verde. No Brasil, acredita-se que o hidrogênio poderá ser introduzido no setor de energia (transportes, eletricidade, refinarias) e no setor industrial – principalmente na petroquímica, como no processo de refino de petróleo, produção de amônia e fertilizantes, na produção de metanol, siderurgia, entre outros (Santos e Ohara, 2021; CNI, 2022).

No caso do Brasil, a inserção do hidrogênio verde em atividades do setor industrial seria importante e pode ter um custo reduzido, já que fontes de energia renováveis que permitem a produção do hidrogênio verde existem em abundância no País (McKinsey, 2021 BEN, 2022). No entanto, as ações de incentivo ao aumento da escala de produção e uso dos recursos pressupõem investimento no desenvolvimento destas tecnologias, além da inserção de empresas que explorem a obtenção de energias a partir de fontes renováveis. Um estudo apresentando o monitoramento das tecnologias nacionais, analisado através dos documentos de patentes depositadas por residentes, em energias solares, eólicas e hídricas já foi divulgado em Radar Tecnológico anteriormente publicado¹¹.

Dado o desenvolvimento do setor de energia renovável no Brasil, não é apenas desejável, mas também esperado que o país ocupe esse espaço, fazendo com que o Brasil tenha o

⁹ <http://energiaeambiente.org.br/produto/analise-das-emissoes-brasileiras-de-gases-de-efeito-estufa-2020>

¹⁰ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/clima-e-energia>

¹¹ https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/arquivos/18_03_22Renovaveissolareolicahidrica.pdf

potencial de se tornar uma nação de extrema relevância no cenário mundial. No âmbito do Diálogo em Alto Nível das Nações Unidas sobre Energia, o Brasil apresentou dois pactos energéticos (*energy compacts*) governamentais, compromissos voluntários em biocombustíveis e hidrogênio¹². O Diálogo de Alto Nível sobre Energia é a primeira grande iniciativa da Organização das Nações Unidas na área nos últimos 40 anos, e visa promover a implementação do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (“Garantir acesso a energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos”).

Os ODS são uma coleção de 17 metas globais, estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas onde o ODS 7 está relacionado a “Energia limpa e acessível” visando garantir energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos.

De acordo com o relatório de Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível das Nações Unidas¹³ o hidrogênio verde surge como uma solução-chave para setores de difícil descarbonização. Países europeus, tais como Portugal¹⁴ e Alemanha¹⁵, já possuem políticas bem definidas para incentivo à produção e adoção do hidrogênio. O Reino Unido tem uma proposta bem elaborada¹⁶ e a Austrália também se encontra bem avançada nesta questão¹⁷. A regulação a nível global está em discussão e há diversas publicações¹⁸ dedicadas ao tema.

Em agosto de 2021 a política de hidrogênio brasileira começava a ser apresentada pelo Ministério de Minas e Energia

¹² <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-apresenta-pactos-energeticos-em-biocombustiveis-e-hidrogenio-no-dialogo-de-alto-nivel-da-onu-sobre-energia>

¹³ Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível 2022, abordando as interligações da energia com outros ODS https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/2022-UN_SDG7%20Brief-060122.pdf

¹⁴ <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/documento?i=plano-nacional-do-hidrogenio>

¹⁵ <https://www.giz.de/en/downloads/giz2020-en-national-hydrogen-strategy.pdf>

¹⁶ https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1011283/UK-Hydrogen-Strategy_web.pdf

¹⁷ <https://www.pmc.gov.au/resource-centre/domestic-policy/hydrogen-and-ammonia-power> e

<https://h2council.com.au/policy-regulation/government-policies>

¹⁸ <https://www.h2knowledgecentre.com/content/subjects/regulations-codes-and-standards-rs>

(MME)¹⁹, e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) produziu uma nota técnica, intitulada “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio”²⁰, muito estimulada pelo contexto internacional, já que, conforme relatado, a produção de hidrogênio, a despeito de inúmeros desafios tecnológicos e de mercado, passou a ser um objetivo estratégico em muitos países.

A governança do Programa Nacional do Hidrogênio foi aprovada no âmbito do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)²¹ e a Resolução publicada em 04/08/22²² marca o lançamento do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2).

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2031)²³ contempla em sua versão atualizada um capítulo inédito sobre o Hidrogênio (Cap 12), no qual destacam-se os seguintes trechos:

“Uma possível função para o hidrogênio na geração centralizada seria a de armazenamento de energia para maior aproveitamento das fontes renováveis não controláveis. Em momentos de excesso de produção renovável, seria possível destinar parte da eletricidade para a produção do hidrogênio, que poderia então ser armazenado e utilizado na geração elétrica em momentos de escassez, contribuindo para maior flexibilidade do sistema elétrico.” (página 93)

(...)

“O pacto energético do hidrogênio almeja fortalecer pesquisa, desenvolvimento e inovação, promover capacitação e treinamento de pessoal e criar uma plataforma para coletar, organizar e disseminar informações sobre hidrogênio no Brasil.” (...) (página 320)

Qualquer estratégia para o alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 (ODS 7) deve considerar

¹⁹ <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/FIEMGHidrogenioMMEconvertido.pdf>

²⁰ <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/nota-tecnica-bases-para-a-consolidacao-da-estrategia-brasileira-do-hidrogenio>

²¹ <https://epbr.com.br/cnpe-aprova-governanca-do-programa-nacional-do-hidrogenio/>

²² <https://in.gov.br/en/web/dou/-/despacho-do-presidente-da-republica-419972141>

²³ <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/pde-2031/documento-final>

abordagens integradas para a implantação de hidrogênio verde. É possível projetar e implementar um sistema energético neutro em carbono por meio de ações coordenadas no sentido de:

- (i) eliminação acelerada de combustíveis fósseis convencionais;
- (ii) implantação acelerada de energia renovável e energia nuclear; e
- (iii) inovação em tecnologias de baixo e zero carbono (incluindo captura, uso e armazenamento de carbono, hidrogênio e energia nuclear de próxima geração).

1.2.2 O mercado de Hidrogênio

O Brasil, em função de sua matriz energética altamente renovável, tem em mãos uma grande oportunidade de desempenhar papel internacional relevante, ofertando hidrogênio verde com menor preço e em elevada quantidade, promovendo uma mudança em setores importantes de difícil descarbonização e viabilizando o atendimento a mercado interno com possível exportação de excedente, com a Europa se apresentando como o potencial maior mercado consumidor do hidrogênio produzido no País.

O hidrogênio cinza, de origem fóssil, tem hoje preço de 2 dólares/kg, enquanto o hidrogênio verde poderia chegar a 5 dólares/Kg ²⁴. Segundo McKinsey, (2021), o hidrogênio produzido no Brasil pode chegar ao valor de cerca de 1,50 dólares/Kg em 2030, com potencial de atingir valores de 1,25 dólares/Kg em 2040, tornando-se um mercado com potencial para movimentar bilhões de dólares em 20 anos ²⁵. Isso é

²⁴<https://valor.globo.com/empresas/esg/noticia/2022/07/13/hidrogenio-verde-ganha-espaco-mas-custo-ainda-limita-avanco-rapido.ghtml>

²⁵<https://valor.globo.com/publicacoes/suplementos/noticia/2022/05/30/brasil-pode-ter-o-menor-custo-mundial-de-hidrogenio-verde.ghtml>

especialmente relevante em momento de crise energética e de desabastecimento europeu, devido, por exemplo, ao conflito Rússia-Ucrânia. Acredita-se que os preços que poderão ser praticados pelo País, assim que houver ganho de escala, serão muito competitivos na década de 2030, havendo grande chance de empresas brasileiras dominarem fatia considerável deste mercado.

Mais recentemente, um estudo publicado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) sobre o hidrogênio verde trouxe à tona este potencial do Brasil para a produção de hidrogênio, tanto para atender à demanda interna, como também para exportação. No texto são apresentadas propostas concretas, no sentido de promoção de articulação interministerial, no esforço de cumprimento de metas do PNH2, exaltando a necessidade de: i) elaboração de uma política industrial que permita a estruturação de cadeia de fornecedores de hidrogênio no País; ii) implementação do mercado de créditos de carbono; iii) elaboração de um Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento em Hidrogênio Sustentável; além da iv) promoção de uma política nacional para produção de fertilizantes descarbonizados a partir de hidrogênio sustentável, que reduza a vulnerabilidade do agronegócio brasileiro (CNI, 2021).

1.3 Classificações do Hidrogênio

Convencionou-se fazer uma definição do hidrogênio em cores (ICLEI, 2021; Hydrogen Concil, 2021), onde o cinza é o hidrogênio proveniente de fontes fósseis, ou seja, carvão ou metano; azul é aquele produzido de fontes fósseis (carvão ou metano), desde que com concomitante captura de carbono (CCUS), e o hidrogênio verde se refere ao hidrogênio produzido a partir da eletrólise da água, utilizando fontes renováveis de energia para sua produção. No entanto, de acordo com esta categorização não são incluídos outros processos de produção de hidrogênio.

Ademais, cabe ressaltar que, além do hidrogênio verde propriamente dito, existem outras formas de produção de hidrogênio que podem ser consideradas renováveis, como no caso do hidrogênio azul, onde a captura de carbono (CCUs) está acoplada ao processo²⁶ e outras tecnologias que não utilizam combustíveis fósseis, como por exemplo, a utilização de biomassa, apresentando, portanto, potencial de aplicação no Brasil por ter íntima ligação com tratamento de resíduos sólidos (EPE, 2022).

A Agência Internacional de Energia (IEA) subdivide ainda a produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis em três cores: preto (produzido a partir do carvão), cinza (a partir do gás natural) e marrom (a partir de lignito²⁷) (IEA, 2021), enquanto que a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) inclui ainda o hidrogênio musgo, entre o marrom e o verde, para se referir ao hidrogênio produzido a partir de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem captura de carbono, através de reformas catalíticas, gaseificação ou biodigestão anaeróbica (EPE, 2021).

Há ainda definição de outras cores: o hidrogênio turquesa seria aquele gerado a partir da pirólise do metano, o vermelho (rosa ou roxo), gerado a partir da eletrólise com uso de energia nuclear, e o branco, que seria o hidrogênio natural ou geológico.

Uma definição de hidrogênio renovável foi proposta por Martinez-Burgos *et al* (2021):

"o hidrogênio renovável pode ser obtido utilizando-se água como matéria-prima por meio de processos tais como eletrólise (com energia renovável), termólise e fotólise; empregando diferentes tipos de resíduos como substratos para biofotólise, fermentação escura e fotofermentação; por meio da reformulação do bio-metano; ou

²⁶ <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/notas-tecnicas-dedicadas-ao-hidrogenio-cinza-e-ao-hidrogenio-azul> e também https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/spe/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia/pde-2031/consulta-publica/contribuicoes_cp_mme_119_2021_pde2031_final_publicacao-final.pdf

²⁷ Lignito é uma rocha sedimentar macia, castanha e combustível formada pela compressão da turfa. É considerado uma forma menor de carvão devido ao seu baixo poder calorífico.

por processamento termoquímico (pirólise, gaseificação, combustão, liquefação) usando diferentes tipos de biomassa.”

Segundo o Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), em seu Informe Inovação em Soluções Energéticas Sustentáveis (ISES)²⁸, publicado em 2022, o hidrogênio poderia ser considerado “verde” ainda que produzido a partir de processos diferentes da eletrólise da água a partir de eletricidade gerada por fontes renováveis de energia.

Assim, considerando que há algumas nuances de interpretação, pode-se observar que a tarefa de categorizar os documentos de patente relativos à produção de hidrogênio é bastante desafiadora. Portanto, como explicitado adiante na metodologia, optou-se por demonstrar nos resultados a produção de hidrogênio total (produzido por diferentes metodologias, que engloba várias cores possíveis) e a produção de hidrogênio verde, de modo a minimizar possíveis incorreções/imprecisões na tentativa de categorizar a amostra de documentos de patente nas múltiplas cores possíveis.

1.3.1 Hidrogênio Verde

A produção de hidrogênio verde é feita por eletrólise, ou seja, a quebra da molécula de água (H_2O) em hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2), desde que a fonte de energia usada para isso seja renovável. Além disso, há a chamada *thermal water splitting* ou, em português decomposição térmica da água²⁹; a produção de hidrogênio biológico³⁰, usando microrganismos anaeróbios e a produção fotoquímica de hidrogênio³¹. Já no caso de hidrogênio azul³², este pode ser obtido pela reforma do biogás³³, gás de

²⁸ https://www.cgEE.org.br/documents/10195/734063/Informe_ISES/af7a58b1-9b13-45f1-af35-0783366146ae?version=1.1

²⁹ <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/thermochemical-water-splitting-cycle>
<https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-thermochemical-water-splitting>

³⁰ <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/biological-hydrogen-production>

³¹ <https://www.nature.com/articles/ncomms13169>

³² <https://espace.curtin.edu.au/bitstream/handle/20.500.11937/88996/88820.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

³³ <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/111129/1/CIT-13.pdf>

síntese (*syngas*) ou gás natural, com captura, uso e estocagem de carbono (CCUS).

Há mais de cem anos, em 1923, John Burdon Sanderson Haldane³⁴ foi o primeiro a delinear os conceitos da Economia do Hidrogênio e discorreu sobre o tema na Universidade de *Cambridge*, prevendo que em 400 anos³⁵ a questão da energia na Inglaterra seria solucionada com uso de hidrogênio. De uma perspectiva histórica, a primeira planta piloto a produzir hidrogênio verde a partir de energia solar ocorreu em 1990, instalada pela empresa Solar-Wasserstoff-Bayern.

A produção de hidrogênio verde, portanto, não é algo novo, e a geração de eletricidade através de fontes de origem renovável tem se tornado cada vez mais viável e menos onerosa dada a disponibilidade dos recursos naturais no Brasil e da existência de tecnologias que, a partir de sua adoção em larga escala, tornam-se economicamente mais viáveis.

A matriz elétrica³⁶ brasileira, que é conjunto de fontes de energia disponíveis no País apenas para a geração de eletricidade conta com 85% de energias obtidas a partir de fontes renováveis, a maior parte de fontes hidráulicas, mas também tem crescido a participação em energias eólica e solar. Além disso, está em crescimento também a obtenção de energia a partir de biomassa³⁷. Adicionalmente, os investimentos para produzir hidrogênio verde no Brasil poderiam aproveitar a rede elétrica existente, já que 70% do custo para produzir o hidrogênio vem da energia³⁸.

Do ponto de vista ambiental, o hidrogênio verde se apresenta como melhor alternativa, por exemplo em contraponto às baterias de lítio, para armazenar e distribuir energia gerada a partir de fontes renováveis para uso em outros

³⁴ <https://the-pen.co/he-talked-of-hydrogen-generated-power/>

³⁵ <https://www.historyofinformation.com/detail.php?entryid=4107>

³⁶ Matriz elétrica é o conjunto de fontes de energia disponíveis no País apenas para a geração de eletricidade.

³⁷ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>.

³⁸ <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>

locais³⁹, podendo ser utilizado em setores onde a aplicação de outros tipos de energias não resolvem toda a necessidade de reduzir emissões. Além disso, sua produção não é intermitente ou dependente do clima, como as fontes eólica, solar e hídrica, e sua produção pode usar o excedente gerado por estas fontes renováveis, atualmente não utilizados⁴⁰.

1.3.2 Matriz Energética e Hidrogênio Verde

A matriz energética⁴¹ brasileira, que é conjunto de fontes de energia disponíveis para uso no transporte, uso nas casas e também para gerar eletricidade, é quase 50% renovável⁴². Isso já coloca o Brasil em posição de destaque, tornando o País muito competitivo frente a outros países do mundo neste tema.

A matriz energética global, ao contrário da brasileira, é dominada por combustíveis fósseis, mas já é possível e desejável para algumas regiões do globo acelerar as mudanças necessárias para a transição energética com uso de tecnologia (Ritchie, Roser e Rosado 2020), principalmente considerando que as reservas de combustíveis fósseis não serão capazes de satisfazer à demanda energética em longo prazo, e seu uso contínuo produz efeitos colaterais, como a poluição que ameaça a saúde humana e os gases de efeito estufa associados à mudança climática.

A mudança de paradigma no setor de energia está apoiada em investimentos em desenvolvimento tecnológico e sua implementação ao longo do tempo. Para ilustrar, no Brasil, de acordo com CEPAL⁴³, ocorreu uma evolução de investimentos

³⁹http://www.ppggeografia.ufc.br/images/documentos/Livro---DESCARBONIZAO-NA-AMERICA-DO-SUL_compressed-1.pdf

⁴⁰ <https://www.cnnbrasil.com.br/business/entenda-como-o-hidrogenio-verde-pode-ser-usado-como-fonte-de-energia-renovavel/>

⁴¹ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

⁴² BEN, 2022 <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022> <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-interativo>

⁴³ https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45908/S2000343_pt.pdf (pág 47) O mesmo projeto (Energy Big Push) tem um texto em inglês disponível em https://www.cgее.org.br/documents/10195/7296981/CGEE_EBP_S2000320_en.pdf

públicos e orientados em PD&I em energias renováveis entre 2013 e 2018, sendo a categoria formada por projetos de P&D em biocombustíveis foi a que recebeu o maior volume de investimentos (R\$ 2,4 bilhões). Energias solar, eólica e hidroeletricidade são as demais tecnologias relacionadas às energias renováveis que mais receberam investimentos no período.

Para viabilizar e fomentar a produção e uso do hidrogênio verde, de acordo com estudo da consultoria McKinsey⁴⁴ devem ser investidos no Brasil 200 bilhões de dólares nos próximos 20 anos. Estes recursos poderão ser aplicados em: eletrolisadores, geração renovável (eólica e solar), distribuição, transmissão, armazenamento e construção de dutos para transporte de hidrogênio.

De acordo com dados da EPE⁴⁵, grande parte da matriz energética brasileira ainda é proveniente de petróleo e seus derivados, em função dos combustíveis fósseis usados principalmente no setor de transporte. E neste âmbito, o maior impacto são os veículos de transporte de cargas, já que as rodovias são responsáveis pelo escoamento de grande parte da produção agrícola, bem como de outras *commodities*. Desta forma, a implementação de produção de hidrogênio verde pode gerar grande oportunidade na área da logística sustentável para o país.

Por outro lado, como já mencionado anteriormente, o que poderá trazer o Brasil para uma posição relevante para atingir zero emissões seria a aplicação do hidrogênio verde nas indústrias de difícil descarbonização, como a siderurgia, na produção de aço, por exemplo. Estima-se no horizonte de 10 a 20 anos que o Brasil possa não somente atender à demanda interna como ainda exportar o excedente para países que não

⁴⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=xN42Qh1Btto> (informação de acordo com o apresentado minuto 45 neste vídeo)

⁴⁵ <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>



Produção de Hidrogênio

tem tanta capacidade de geração de energia renovável, com geração de uma receita importante (McKinsey, 2021).

2 Objetivo

O objetivo deste Radar Tecnológico é apresentar um panorama de desenvolvimento tecnológico relacionado à produção de hidrogênio por meio do mapeamento dos pedidos de patente depositados no Brasil, no período entre 2010 e 2021, que tratam deste tema.

Analisa-se também a participação dos depositantes de pedidos de patente sobre produção de hidrogênio no programa de trâmite prioritário de patentes verdes⁴⁶ do INPI, criado em 2012, que visa priorizar a análise e a decisão acerca da concessão dos pedidos de patentes relacionados às tecnologias verdes.

Adicionalmente, considerando a necessidade de coletar dados relacionados às políticas de equidade de gênero e inclusão social (GESI), que vem sendo amplamente discutida no âmbito da Propriedade Intelectual, este Radar Tecnológico conta com a seção que visa entender a composição por gênero (masculino e feminino) entre inventores e depositantes de pedidos de patente no setor de produção de hidrogênio.

⁴⁶ Para detalhes sobre o programa do INPI, instituído desde 2012, consultar: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/tramite-prioritario/accelere-seu-exame>

3 Resultados

O estudo partiu de uma amostra de 1691 documentos de patente que foram obtidos combinando-se a estratégia de busca baseada em um estudo publicado pelo governo Australiano (*Patent Analytics Hub, IP Australia (CSIRO) Hydrogen Production, 2022*)⁴⁷ e uma estratégia própria, de modo a englobar todas as formas de produção de hidrogênio. As definições utilizadas neste estudo incluem hidrogênio verde e não-verde, inclusive hidrogênio renovável, de acordo com a definição de Martinez-Burgos *et al* (2021). A metodologia, as classificações (CIP - Classificação Internacional de Patentes) e termos utilizados estão apresentados no Apêndice 1. Uma planilha com os dados bibliográficos dos pedidos recuperados na busca encontra-se disponível no Anexo 1.

Considerando que o escopo da busca realizada era muito amplo, englobando outras tecnologias relacionadas a hidrogênio que não a sua produção propriamente dita, que era o foco deste radar, o estudo contou com uma etapa de leitura de título, resumo, e, eventualmente, o texto completo dos documentos, com finalidade de identificar a pertinência em relação ao tema, além de realizar a categorização dos mesmos. Após esta etapa a amostra ficou com 607 documentos de patente depositados no INPI Brasil, entre 2010 e 2021, relacionados a tecnologias para a produção de hidrogênio.

Dentro desta amostra de pedidos de patente relacionados à produção de hidrogênio, 270 foram identificados como hidrogênio verde. Conforme explicitado na metodologia, os pedidos categorizados como hidrogênio verde são aqueles onde a produção é realizada a partir de eletrólise e a partir de decomposição térmica da água. Também foram considerados como hidrogênio verde aqueles que, ainda que produzidos por outros métodos, como por exemplo, produção biológica,

⁴⁷

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNmI3ZWYyZDYtZjYxYy00ZjE3LWJjMmItNWQ3YWRjYmVmZDE4IiwidCI6IjJjMGNlZDQ5LTRlMzYtNGY4MS1iOGQ3LTFEwYzRhMGNiZmYyZCJ9>

fotoquímica e fotocatalítica, ou a partir de conversão de biomassa, explicitassem que utilizavam energia de fonte eólica, solar ou hídrica no processo de produção de hidrogênio. Ao longo desta seção de resultados, são apresentados em destaque nas figuras, os pedidos relacionados a produção de hidrogênio verde.

Por outro lado, dentre os 337 pedidos de patente que, conseqüentemente são relacionados a produção de hidrogênio não-verde, foram observados documentos ligados à hidrogênio cinza (a partir de conversão de combustíveis fósseis), além de hidrogênio azul e musgo, obtidos por outros métodos de produção, conforme explicitado a seção 1.3.

Dos 607 pedidos de patente relacionados a produção de todos os tipos de hidrogênio (hidrogênio verde e hidrogênio não-verde, ou seja, H₂ total), a maior parte são pedidos de Patente de Invenção (PI) (591), seguida de Modelos de Utilidade (MU)⁴⁸ (14) e 2 certificados de adição. Seguindo praticamente a mesma proporção, dentre os documentos de patente relacionados a produção de hidrogênio verde, 94% são pedidos de PI (254), 5% são pedidos de MU (14), e 1% certificados de adição.

3.1 Produção de hidrogênio ao longo do tempo: evolução dos depósitos de pedidos de patente

Em relação ao ano de depósito dos pedidos de patente identificados na amostra, observa-se na Figura 1, que o número de depósitos feitos em tecnologias relacionadas ao hidrogênio produzido por diversos métodos (hidrogênio verde e não-verde) até 2019, último ano apresentado na série histórica, tem se mantido em média à 57,3 pedidos por ano. Apenas 2011, 2012 e 2014 apresentam maior quantidade de pedidos depositados, 85, 62 e 63, respectivamente.

⁴⁸ Os pedidos de modelo de utilidade tratam de melhorias em equipamentos usados na produção de hidrogênio. É digno de nota que ao iniciar o depósito, o depositante escolhe a natureza PI ou MU e isso pode sofrer readequação em etapa de exame.

Do mesmo modo, a variação anual em termos de pedidos de patente em tecnologias de produção de hidrogênio verde segue a mesma tendência, tendo sido identificados cerca da metade do número de pedidos, ou seja, em média 25,4 relacionados a produção de hidrogênio verde (Figura 1).

Em função do período de sigilo das patentes⁴⁹, a Figura 1 não contempla os anos de 2020 e 2021, para melhor representar a tendência do quantitativo de depósitos de pedidos de patente no setor.

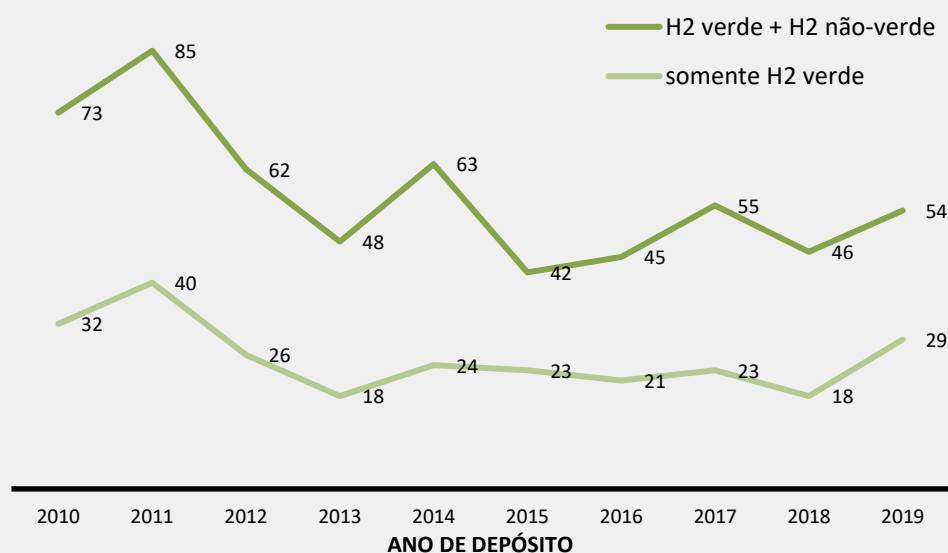


FIGURA 1: EVOLUÇÃO TEMPORAL DE PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS À PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE DIFERENTES MATRIZES ENERGÉTICAS (VERDE ESCURO) E DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE SOMENTE (VERDE CLARO)

⁴⁹ O sistema de patentes preconiza que um pedido deve aguardar, via de regra, 18 meses após sua data de depósito (ou a partir da data de prioridade mais antiga) para ser publicado, segundo consta na Lei de Patentes http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm

3.2 Categorização dos pedidos de patente

Os documentos de patente foram categorizados de acordo com as diferentes maneiras de produzir hidrogênio: por meio de eletrólise; a partir de conversão de combustíveis fósseis ou gases (gás de síntese); a partir de biomassa ou resíduos; por decomposição térmica da água; por processos fotocatalíticos ou fotoquímicos; por produção biológica de hidrogênio; e outros.

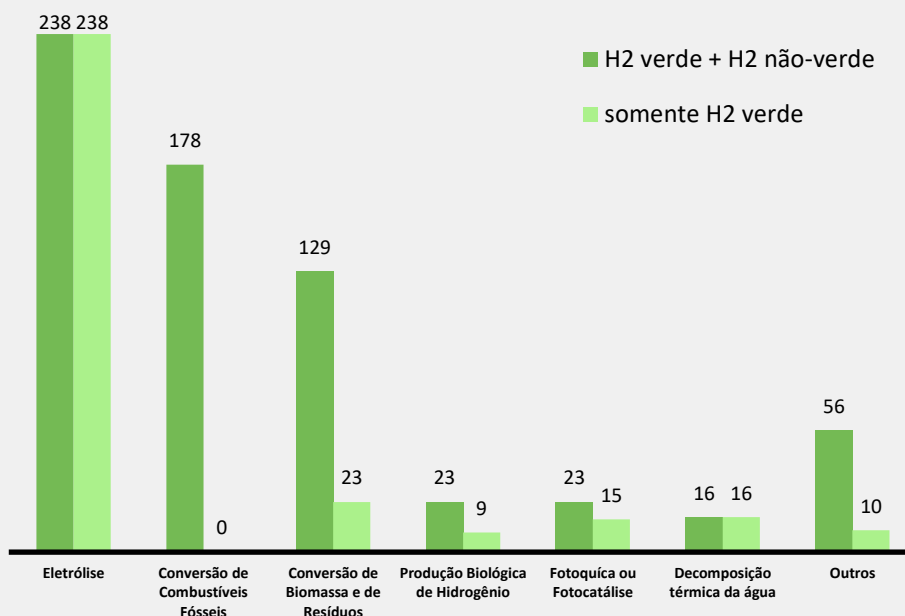


FIGURA 2: CATEGORIZAÇÃO DOS PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS À PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE DIFERENTES MATRIZES ENERGÉTICAS (VERDE ESCURO) E DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE SOMENTE (VERDE CLARO)

A Figura 2 apresenta a distribuição por categorias, indicando o tipo de processo aos quais estão relacionados os 607 pedidos de patente analisados neste Radar Tecnológico (produção de H₂ independentemente da matriz energética). Considerando o enfoque dado ao hidrogênio verde, a distribuição por categoria, referente aos 270 documentos categorizados

como hidrogênio verde, também estão representados na Figura 2 (H₂ verde), observando-se a predominância de documentos que tratam de tecnologias relacionadas à eletrólise.

Importa observar que, o número de depósitos feitos no Brasil de tecnologias relacionadas a conversão de combustíveis fósseis apresenta número de documentos na mesma ordem de grandeza dos documentos que descrevem tecnologias de produção de hidrogênio a partir de conversão de biomassa e resíduos, demonstrando que, além do hidrogênio verde, estes são dois tipos de processos relevantes em relação a proteção por patentes, de processos relacionados à produção de hidrogênio no País.

Cabe ressaltar que um mesmo pedido de patente pode ter sido classificado em uma ou mais categorias, de modo que o somatório do total de pedidos da Figura 2 ultrapassa a quantidade de pedidos de patente contidos na amostra analisada.

3.3 Situação dos pedidos: processamento no INPI

A seguir observa-se a situação processual no INPI dos 607 documentos de patente ligados à produção de hidrogênio obtidos por diferentes métodos de produção encontrados na amostra (Figura 3A). O conjunto apresenta 132 patentes concedidas e vigentes (22%) e 178 pedidos de patentes pendentes de decisão (29%). O conjunto formado pelas patentes não-válidas e extintas chega a 297 (49%).

Das patentes vigentes, 48, ou seja, 36,4% do total de patentes, estão ligadas a produção de hidrogênio verde (Figura 3B).

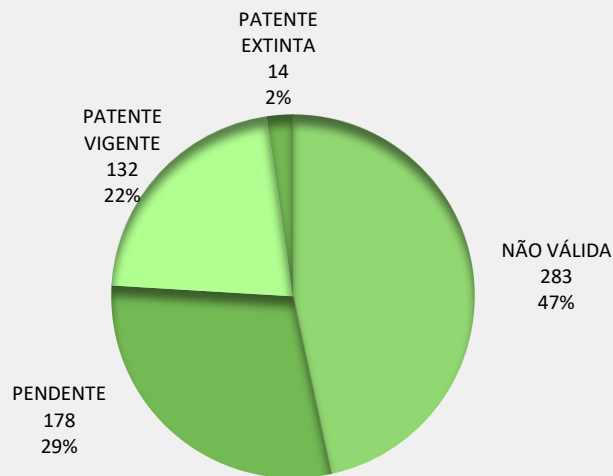


FIGURA 3A: PROCESSAMENTO ATUAL NO INPI DOS PEDIDOS DE PATENTE DEPOSITADOS NO BRASIL A PARTIR DE 2010 REFERENTES ÀS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIFERENTES MÉTODOS

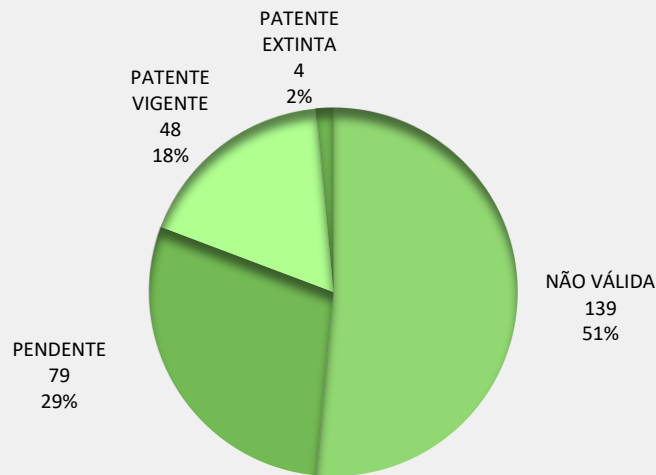


FIGURA 3B: PROCESSAMENTO ATUAL NO INPI DOS PEDIDOS DE PATENTE DEPOSITADOS NO BRASIL A PARTIR DE 2010 REFERENTES ÀS TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

Os documentos de patente estão agrupados nas Figuras 3A e 3B como:

i) "não válidas": pedidos de patente que foram arquivados definitivamente ou aqueles para os quais houve a decisão final de indeferimento;

ii) "pendentes": pedidos de patente que aguardam uma decisão final do INPI;

iii) "patentes vigentes": conjunto composto por patentes concedidas, com carta patente emitida e vigente;

iv) "patentes extintas": são as patentes que estão extintas por falta de pagamento de anuidade, caducidade, entre outros motivos.

Todos os conjuntos podem ser usados como fonte de informação tecnológica. No entanto, no conjunto de patentes vigentes já enseja propriedade e, portanto, os direitos de propriedade industrial sobre elas devem ser respeitados. Os pedidos de patente pendentes indicam expectativas de direito, enquanto as patentes extintas são aquelas cujo prazo de



vigência já se encerrou e são, portanto, tecnologias livres para serem exploradas.

3.4 Uso do Programa de Trâmite Prioritário Patentes Verdes

Implementado no INPI em 2012, o programa de trâmite prioritário "Patentes Verdes" tem como objetivo a aceleração do exame⁵⁰ dos pedidos de patente relacionados a tecnologias "verdes" ou "limpas". Ou seja, tecnologias que contribuam de alguma forma com a conservação do meio ambiente fomentando a sustentabilidade.

Com o passar do tempo, revelou-se a necessidade de não apenas priorizar o exame das patentes verdes, mas também promover transferência de tecnologia de modo que as invenções alcancem o *status* de inovação, ou seja, cheguem ao mercado contribuindo para desacelerar as mudanças climáticas que o planeta vive.

Dos 607 documentos de patente relacionados a produção de hidrogênio identificados neste Radar Tecnológico, 17 documentos⁵¹ tiveram requerimento de trâmite prioritário no âmbito do programa Patentes Verdes, o que equivale a menos de 3% da amostra de documentos de patente analisados neste Radar Tecnológico, sendo que 9 deles estão ligados a Hidrogênio verde⁵². Dos 17 pedidos que participaram do programa Patentes Verdes, 11 pedidos de patente converteram-se em patentes concedidas (64%). Deste conjunto de patentes vigentes, 6 delas estão relacionadas a produção de hidrogênio verde⁵³.

⁵⁰ No texto da RPI nº 2712 disponível em <http://revistas.inpi.gov.br/rpi/> está detalhado este e outros programas prioritários existentes no INPI atualmente.

⁵¹ Os documentos são: BR102016022467; BR102016022962; BR102017025887; BR102018002960; BR102019008123; BR102019021055; BR112014017691; BR112020002763; BR112020005379; BR112021006975; BR102012022394; BR102012032322; BR102012032366; BR102013005372; BR102014008998; BR102014019810; BR102016005053.

⁵² BR102012022394, BR102012032366, BR102014008998, BR102014019810, BR102016005053, BR102017025887, BR102018002960, BR112020005379, BR112021006975

⁵³ BR102012032366, BR102014008998, BR102017025887, BR102018002960, BR112020005379, BR112021006975

3.5 Origem das tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio

Para examinar a origem da tecnologia é possível utilizar o que se denomina uma variável *proxy* (ou aproximada). O intuito é que, ao observar os países⁵⁴ dos depositantes ou dos inventores, seja possível ter uma ideia bem próxima de onde as tecnologias se originaram.

Deste modo, a Figura 4A apresenta a distribuição dos pedidos de acordo com a origem da tecnologia de produção de hidrogênio, descrita no documento de patente, considerando o país do depositante, enquanto a figura 4B apresenta os países de origem das tecnologias para produção de hidrogênio verde.

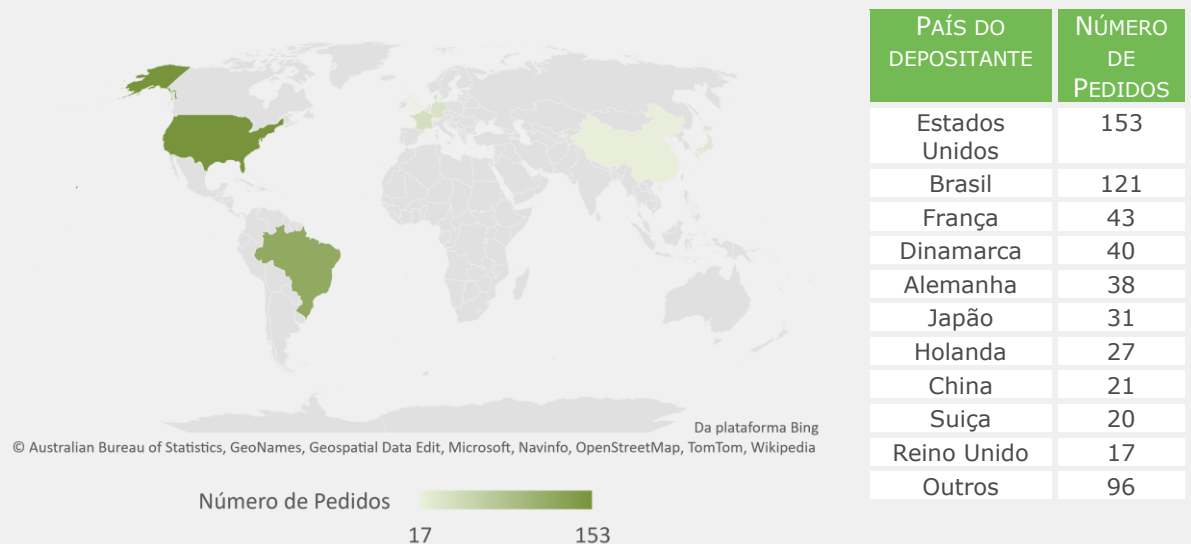
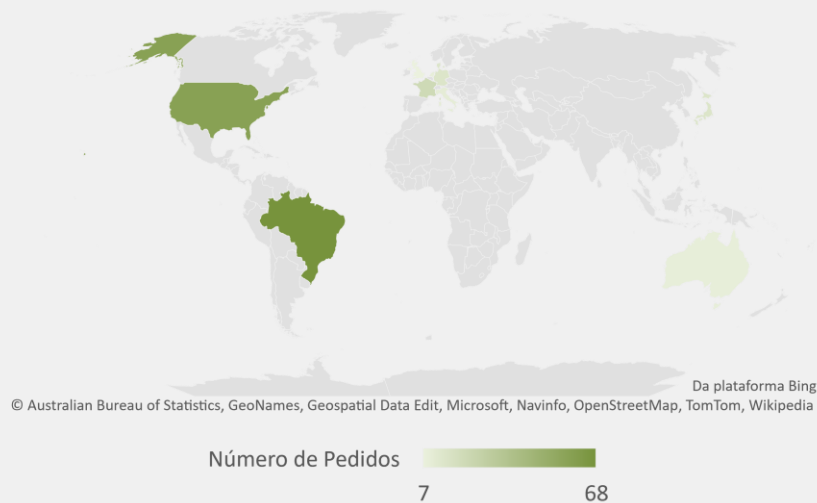


FIGURA 4A: PAÍSES DE ORIGEM DAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIFERENTES MÉTODOS

⁵⁴ ST3 Table, WIPO country code US: Estados Unidos, BR: Brasil, FR: França, DK: Dinamarca, DE: Alemanha, JP: Japão; NL: Holanda, CN: China, CH: Suíça, GB: Reino Unido.



PAÍS DO DEPOSITANTE	NÚMERO DE PEDIDOS
Brasil	68
Estados Unidos	59
França	22
Alemanha	15
Dinamarca	15
Japão	15
Itália	10
Austrália	9
Holanda	9
Reino Unido	7
Outros	41

FIGURA 4B: PAÍSES DE ORIGEM DAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

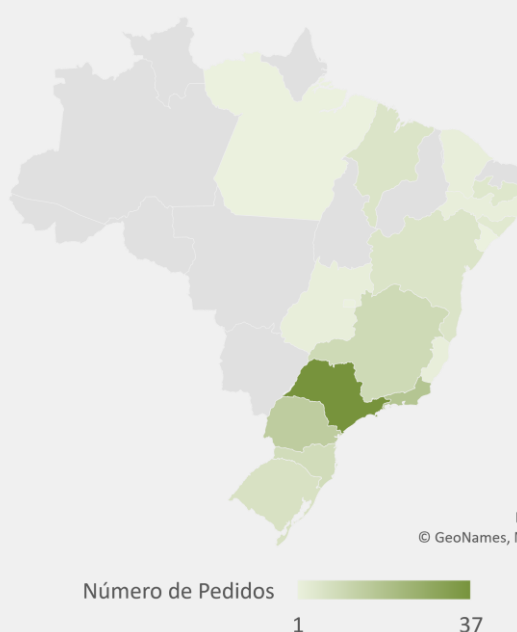
A comparação entre as figuras 4A e 4B permite observar que o Brasil ultrapassa os Estados Unidos como país de origem da tecnologia quando o enfoque é dado aos pedidos relacionados a produção de hidrogênio verde depositados no INPI do Brasil.

No entanto, nos dois gráficos observa-se que a tecnologia depositada no Brasil é predominantemente proveniente de outros países.

Ademais, o fato de Itália (IT) e Austrália (AU), não aparecerem na figura 4A, mas sim na Figura 4B, indica que estes dois países se destacam mais como países de origem de tecnologias ligadas à produção de hidrogênio verde. Por outro lado, China (CN) e Suíça (CH) aparecem somente na Figura 4A, indicando que depositam no Brasil majoritariamente tecnologias ligadas à produção de hidrogênio não-verde.

A Figura 5A apresenta os documentos de patente depositados por residentes no País, demonstrando a participação de cada estado do território nacional no

desenvolvimento de tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio.⁵⁵



ESTADO DO DEPOSITANTE	NÚMERO DE PEDIDOS
SP	37
RJ	18
PR	15
MG	10
SC	9
RS	7
BA	6
MA	6
PB	5
AL	4
CE	2
ES	2
GO	2
PE	2
DF	1
PA	1
SE	1

FIGURA 5A: MAPA E QUADRO REPRESENTANDO OS ESTADOS BRASILEIROS DE ORIGEM DAS TECNOLOGIAS E NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE EM PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIFERENTES MÉTODOS

Estados do Sul e do Sudeste, como São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Minas Gerais, aparecem na lista ocupando os primeiros lugares, revelando que há grande concentração de pedidos com origem nestas regiões. Os estados brasileiros representados no mapa são os estados dos depositantes dos pedidos de patente.

Este é um fato bastante comum nos dados de depósitos de pedidos de patente efetuados por residentes, visto que são

⁵⁵ Nota-se que pedidos com mais de um titular, caso não estejam no mesmo Estado, podem ser contabilizados mais de uma vez. Este é o motivo pelo qual o número total de pedidos de depositantes brasileiros na Figura 4A é 121, menor que o somatório dos pedidos da Figura 5A (128 pedidos).

nestas regiões que se concentram centros de pesquisa e universidades com elevada produtividade acadêmica e que, coincidentemente, contam com maior nível de investimento no País, com a existência de grandes polos industriais, com a possibilidade de transformar a invenção em inovação, e levar as tecnologias ao mercado.

Quando o enfoque é dado à produção de hidrogênio verde, o mapa desenha-se da forma como apresentada na Figura 5B a seguir.⁵⁶

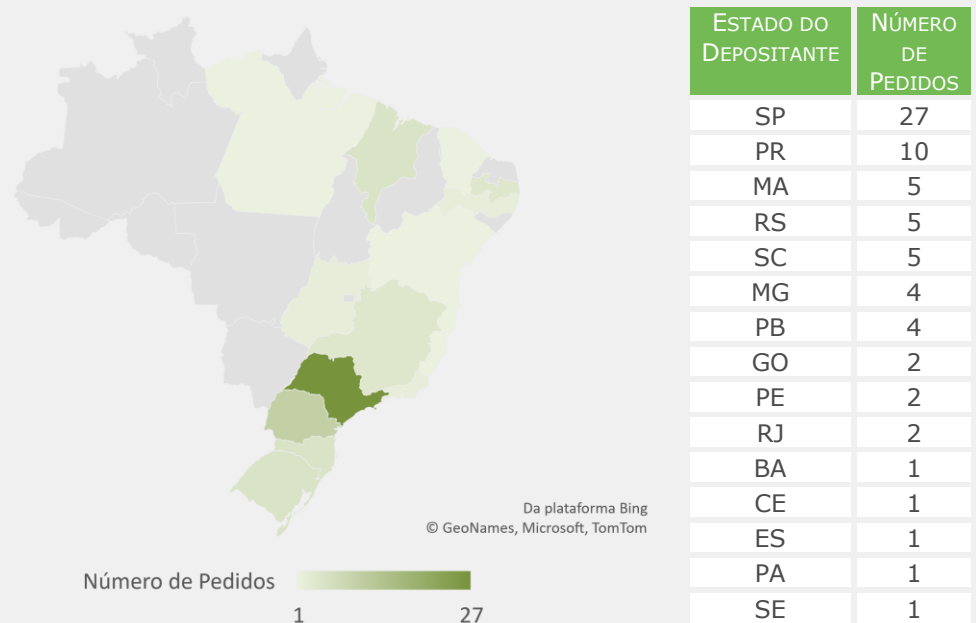


FIGURA 5B: MAPA E QUADRO REPRESENTANDO OS ESTADOS BRASILEIROS DE ORIGEM DAS TECNOLOGIAS E NUMERO DE PEDIDOS DE PATENTE EM PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

Observa-se que, para pedidos relacionados à produção de hidrogênio verde, ainda há predominância nos estados localizados nas regiões Sul e Sudeste. Porém, Rio de Janeiro

⁵⁶ Nota-se que pedidos com mais de um titular, caso não estejam no mesmo Estado, podem ser contabilizados mais de uma vez. Este é o motivo pelo qual o número total de pedidos de depositantes brasileiros na Figura 4B é 68, menor que o somatório dos pedidos da Figura 5B (71 pedidos).

perde relevância neste *ranking*. Maranhão, por sua vez, assume posição de destaque, juntamente com Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

3.6 Análise de famílias de patentes

A análise de famílias de patentes foi realizada a fim de responder à questão sobre em que outros territórios estão depositados os pedidos equivalentes aos depositados aqui no Brasil. Em outras palavras, esta análise indica em quais outros territórios, além do nacional, os requerentes buscam exclusividade de mercado para a tecnologia descrita no pedido. O conceito aqui utilizado é o do agrupamento das famílias de pedidos a partir daqueles que possuem pelo menos uma prioridade⁵⁷ em comum.

A análise dos dados obtidos de famílias de patentes INPADOC⁵⁸ na base *Derwent*⁵⁹, identificaram 419 pedidos⁶⁰ com equivalentes depositados via Acordo de Cooperação em Matéria de Patentes (PCT, da sigla em inglês *Patent Cooperation Treaty*⁶¹). Isto sugere o interesse destes depositantes em mercados externos, já que o PCT é um acordo internacional que facilita o depósito em cada país signatário do acordo. O Acordo possibilita a entrada em outros países em até 30 meses a partir da data do depósito inicial (ou da prioridade em termos jurídicos), de forma que, para os pedidos de patente mais recentes, é preciso aguardar este prazo para contabilizar todos os componentes da família de patentes. Isto é relevante já que o direito de propriedade industrial (patente) é territorial.

⁵⁷ Prioridade é o primeiro pedido de patente relacionado a uma determinada tecnologia. Uma família de patente é um conjunto de pedidos de patente depositados ou de patentes concedidas em mais de um país para proteger uma mesma invenção desenvolvida por inventores em comum.

⁵⁸ <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/patent-families.html> A explicação sobre o conceito de famílias está disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=doWHXT_NNBs

⁵⁹ <https://clarivate.com/derwent/dwpi-reference-center/>

⁶⁰ Para as publicações WO o campo de onde são provenientes os dados Derwent foi o "DWPI Family names".

⁶¹ <https://www.wipo.int/pct/en/>

Na Figura 6 observa-se a distribuição pedidos em função das famílias, com os equivalentes depositados em outros escritórios, sendo o USPTO, dos Estados Unidos (US), com 417, o EPO, Escritório Europeu de Patentes (EP), com 405, e o SIPO, o escritório de patentes da China (CN), com 379 considerados os principais⁶² países de interesse para proteção de tecnologias ligadas à produção de hidrogênio.

Aparecem ainda pedidos de patente depositados no Canadá (CA), Austrália (AU), Japão (JP), Coreia do Sul (KR), México (MX), Rússia (RU), África do Sul (ZA), Espanha (ES) e Singapura (SG).

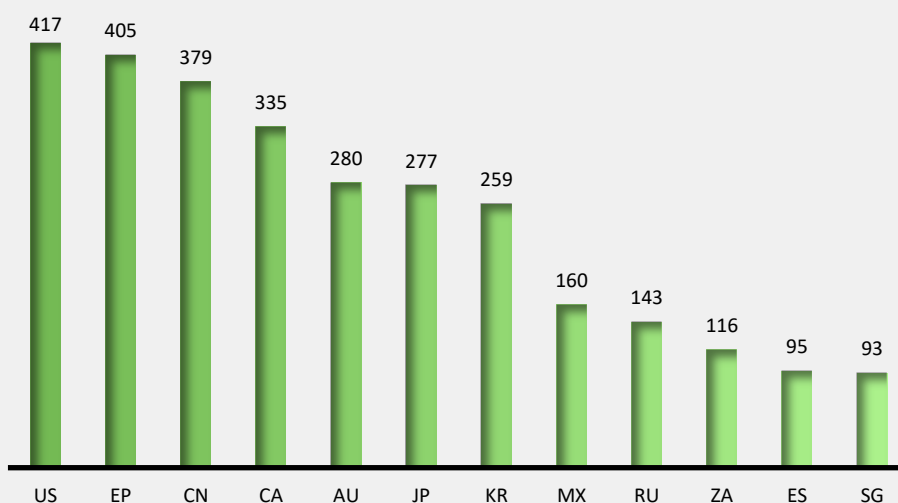


FIGURA 6: NÚMERO DE PEDIDOS DE PATENTE EQUIVALENTES DEPOSITADOS NOS DIFERENTES PAÍSES (FAMÍLIAS DE PATENTES) PARA OS PEDIDOS DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO (SEM DELIMITAÇÃO DO TIPO DE MATRIZ ENERGÉTICA)

⁶² Os códigos de duas letras representativos de países de acordo com WIPO ST.3 estão disponíveis em: <https://www.wipo.int/export/sites/www/standards/en/pdf/03-03-01.pdf> ou <https://www.uspto.gov/patents/apply/applying-online/country-codes-wipo-st3-table>

Por outro lado, foram analisados também especificamente os depósitos efetuados por residentes nacionais. Neste conjunto de pedidos verifica-se que apenas 12% (não demonstrado graficamente) dos pedidos de depositantes brasileiros possuem depósito do pedido equivalente via PCT (gerando um número de depósito iniciado por WO). Entretanto, findo o prazo de 30 meses do PCT, grande parte destes pedidos não entrou na fase nacional em nenhum outro país ou região, ficando assim a possível proteção destas tecnologias restritas ao Brasil.

3.7 Principais depositantes de pedidos de patentes relacionados à produção de hidrogênio

O depositante é o detentor dos direitos de propriedade industrial e, em última análise, é quem investe e quem usufruirá dos lucros no caso de licenciamento dos direitos decorrentes da proteção dos direitos de PI.

A Figura 7A apresenta os principais depositantes dos pedidos de patente que tratam de tecnologias relacionadas a diversos métodos de produção de hidrogênio. Foram considerados os depositantes com seis ou mais pedidos de patente depositados no Brasil, totalizando 15 depositantes de um total de 364 depositantes. Isso significa que 4% dos depositantes detém 30% (187, em números absolutos) do total de 607 documentos de patente.

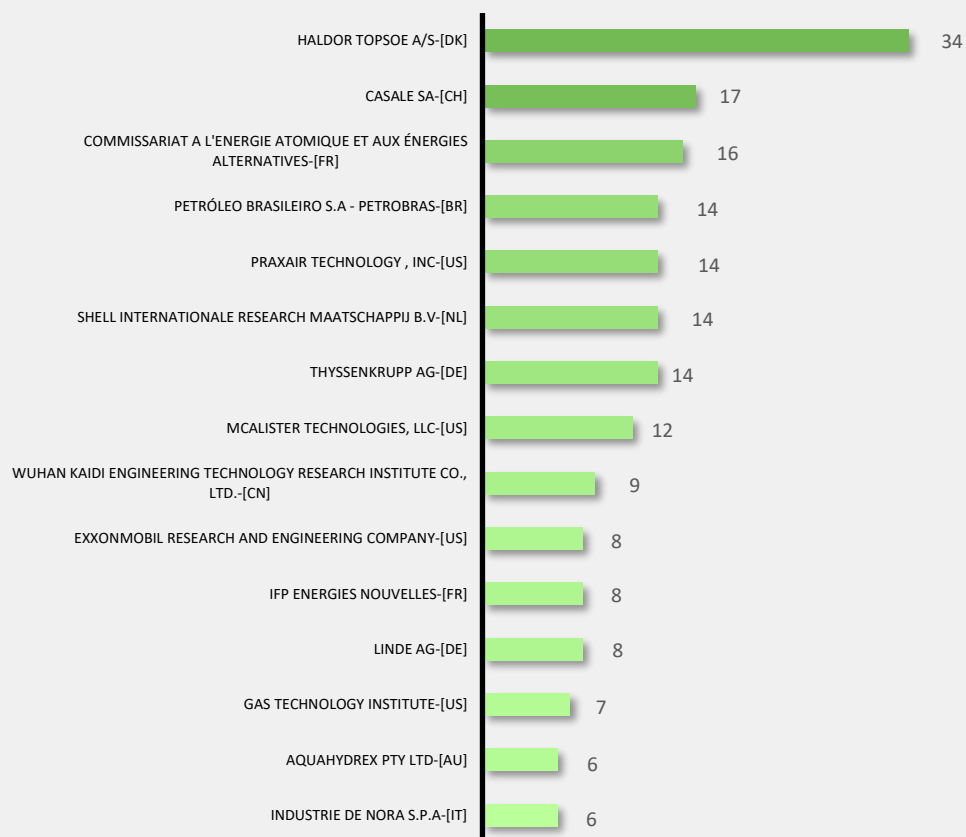


FIGURA 7A: PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIVERSOS MÉTODOS

Uma única instituição brasileira aparece no *ranking*: a Petrobras, na quarta posição, atrás de uma empresa dinamarquesa, Haldor Tpsoe, uma suíça, a Casale e uma instituição estatal de pesquisa francesa, CEA (*Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives*).

A Figura 7B, a seguir, apresenta os principais depositantes dos pedidos de patente em produção de hidrogênio verde. Foram considerados neste *ranking* aqueles que depositaram três ou mais pedidos de patente, totalizando 17 depositantes que detêm 32% do total de patentes categorizadas desta forma.

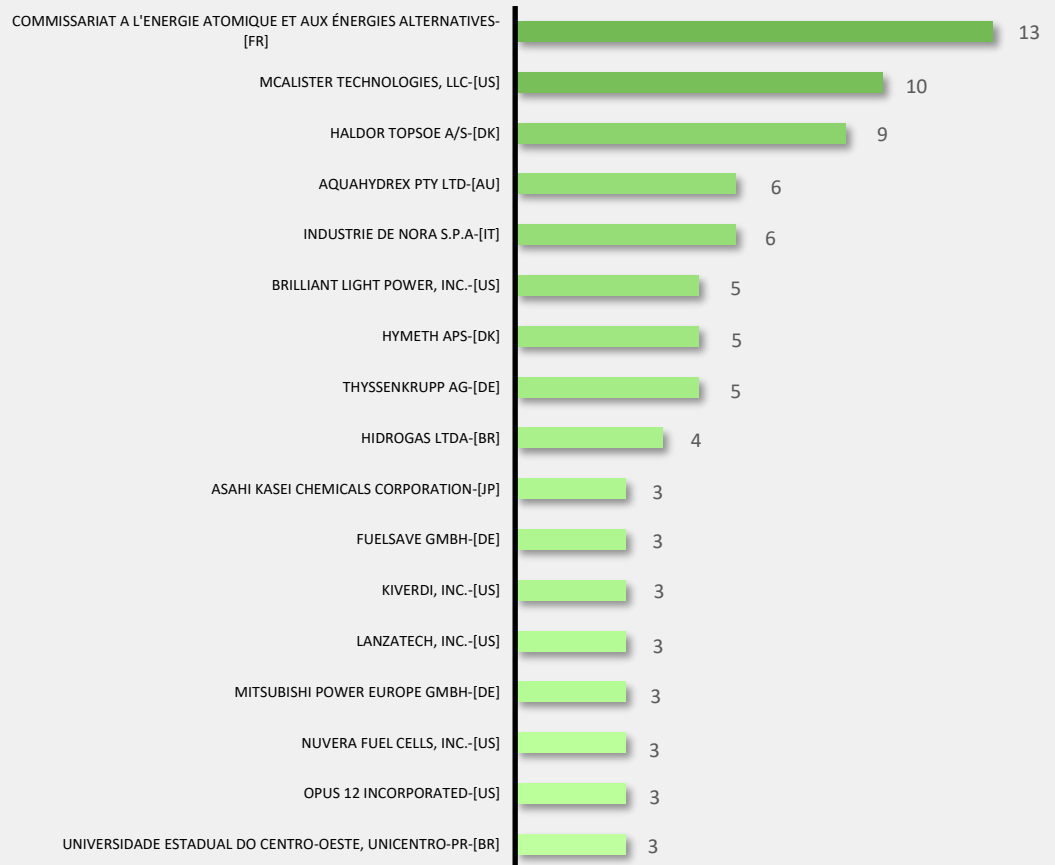


FIGURA 7B: PRINCIPAIS DEPOSITANTES DE PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

Duas instituições brasileiras aparecem no ranking: a Hidrogás (com 4 pedidos de patente no tema), entidade privada e a Universidade Estadual do Centro-Oeste, Unicentro, do Paraná (com 3 pedidos de patente).

3.7.1 Quem são os depositantes nacionais?

Quando uma lupa é colocada sobre os depósitos feitos no Brasil pelos depositantes brasileiros que tratam de tecnologias relacionadas a diversos métodos de produção de hidrogênio, observa-se na Figura 8A que a Petrobras assume posição de liderança com 14 pedidos de patente, sendo possível constatar também a presença de diferentes universidades neste *ranking*. Foram considerados os depositantes com três ou mais pedidos de patente depositados no INPI Brasil.



FIGURA 8A: PRINCIPAIS DEPOSITANTES NACIONAIS DE PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIVERSOS MÉTODOS

A Figura 8B apresenta os atores nacionais quando o enfoque é dado à produção de hidrogênio verde. Importa observar que a Petrobras perde relevância neste caso. Foram considerados os depositantes com dois ou mais pedidos de patente depositados no INPI Brasil.

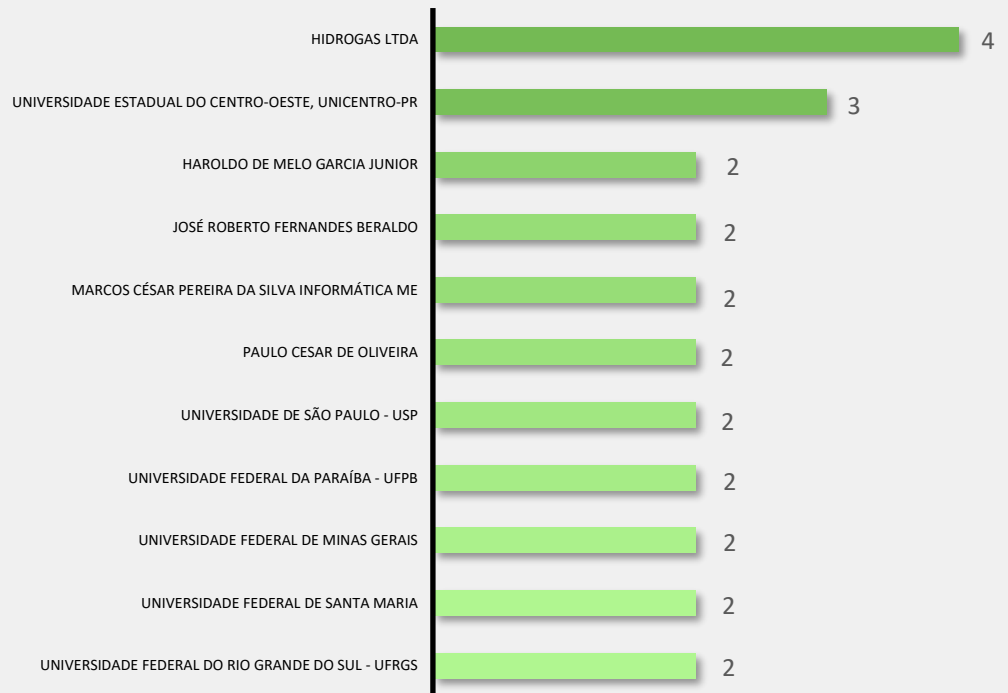


FIGURA 8B: PRINCIPAIS DEPOSITANTES NACIONAIS DE PEDIDOS DE PATENTE NO BRASIL DE TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

No detalhamento das pessoas jurídicas que depositaram estes pedidos no Brasil (Tabela 1), observou-se que os pedidos de patente cujos depositantes nacionais têm natureza jurídica “Administração Pública” são fruto de pesquisa desenvolvida majoritariamente em universidades públicas.

TABELA 1: DETALHAMENTO DA COMPOSIÇÃO EM TERMOS DE NATUREZA DO DEPOSITANTE PESSOA JURÍDICA (DADOS LIMITADOS AOS RESIDENTES) PARA TECNOLOGIAS RELACIONADAS A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO POR DIVERSOS MÉTODOS E PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE

DEPOSITANTE	NÚMERO DE PEDIDOS H ₂	NÚMERO DE PEDIDOS H ₂ VERDE
ENTIDADES EMPRESARIAIS	33	12
ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA	42	15
ENTIDADES SEM FINS LUCRATIVOS	1	1

Diante da intensidade tecnológica neste setor, ressalta-se a relevância dos investimentos públicos em Ciência, Tecnologia e Inovação para o desenvolvimento tecnológico e socioeconômico sustentável do País, aliado à uma política de incentivo à industrialização.

3.8 Análise de Gênero: um diagnóstico

A análise de gênero foi baseada na atribuição indireta. Ou seja, dada a frequência de um nome de pessoa física, sejam inventores ou depositantes, ser ligado ao gênero masculino ou feminino, conforme o dicionário de nomes do IBGE. A metodologia está descrita no Apêndice. Os dados são apresentados na Figura 9.

O número absoluto de inventores para os 607 pedidos de patente relacionados à produção de hidrogênio por diversos métodos é de 1.358 (A), enquanto o número total de depositantes pessoas físicas é de 69 (B).

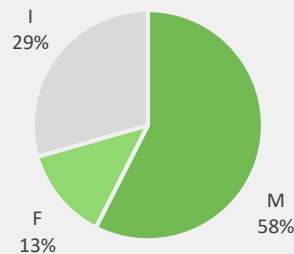
No caso de inventores (Figura 9A), o gênero feminino representa 13%⁶³ e o masculino 58% do total de inventores. A letra I representa os casos de inventores indeterminados. Como foram aplicados como referência os dados do IBGE e há nomes

⁶³ Vale ressaltar que os percentuais corroboram os revelados em estudo anterior: https://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2018/02/article_0008.html

de não-residentes, especialmente não-nacionais nesta amostra, o número de indeterminados chega a 29%⁶⁴.

O percentual de gênero masculino em apropriação de tecnologias por patentes no Brasil, representado pelos depositantes dos pedidos de patente é muito maior no caso de depositantes pessoas físicas, chegando a 92% (Figura 9B).

A:



B:

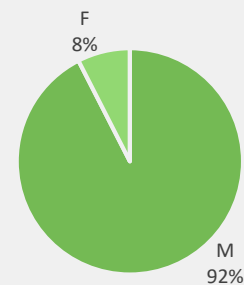


FIGURA 9: COMPOSIÇÃO EM TERMOS DE GÊNERO MASCULINO (M) OU FEMININO (F) DE INVENTORES (A) E DEPOSITANTES PESSOAS FÍSICAS (B) EM PEDIDOS DE PATENTE DE RESIDENTES NO BRASIL RELACIONADOS À PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

A Figura 9 evidencia a desigualdade de gênero no patenteamento no setor de produção de hidrogênio. Os nomes indicativos de gênero feminino ficam bastante distantes de patamares de equidade em relação aos nomes de gênero masculino entre os inventores. Situação semelhante ocorre para os pedidos ligados a hidrogênio verde (dados não demonstrados graficamente).

No caso da análise dos depositantes, o ideal é fazer análise apenas depositantes com natureza jurídica "pessoa física" cujos dados estão disponíveis apenas para residentes. Assim, a análise

⁶⁴ Há possibilidade de aplicar a metodologia descrita em <https://sciendo.com/es/article/10.2478/jdis-2020-0025>: onde dois dicionários de nomes são usados na mesma amostra, e seria recomendável quando há nomes estrangeiros. A metodologia empregada aqui, segue a mesma utilizada no estudo de Biocombustíveis restrita à pedidos efetuados por residentes, que utiliza apenas os nomes brasileiros, já que utiliza dados do IBGE poderá ser revisada adiante para que possa ser aplicada em estudos futuros em toda a base BINTEC.

de depositantes pessoa física (em 9B), conta com uma quantidade muito menor de nomes, já que a proporção de pessoas físicas no campo depositantes é bem menor do que a quantidade de depositantes pessoa jurídica.

Conforme mencionado anteriormente, o percentual de indeterminados (I) é muito grande, alcançando 29% na Figura 9A devido ao fato de ser utilizada a comparação com dados de nomes nacionais via dados do IBGE.

4 Discussão

A elaboração deste Radar Tecnológico está calcada no premente interesse nacional e internacional, demonstrado por meio de aumento de investimentos no âmbito internacional em produção de hidrogênio verde, necessário para a descarbonização do planeta. Na Agenda 2030 das Nações Unidas, estão definidos desessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), ambiciosos e interconectados (Oliveira et al, 2019), sendo que a tecnologia e a mudança cultural podem, juntas, viabilizar o alcance destes ODS.

O mundo passa por uma transição energética e novos desenvolvimentos tecnológicos no setor objeto deste Radar precisam ganhar tração para que as mudanças necessárias ocorram, com a velocidade que o planeta necessita. O relatório das Nações Unidas (ONU, 2022) menciona que o hidrogênio verde surge como uma solução-chave para setores de difícil descarbonização, de modo que qualquer estratégia para o alcance do ODS 7, relacionado ao acesso a energias limpas, deve considerar abordagens integradas para a implantação de hidrogênio verde.

O setor governamental desempenha um papel fundamental no estímulo, disseminação e suporte às iniciativas ligadas à sustentabilidade. Neste contexto, o INPI tem contribuído de forma substancial, ao disponibilizar para a sociedade em suas ações tanto os estudos de monitoramento tecnológico, considerando-se pedidos de patente de tecnologias relacionadas ao tema, também conhecidas como “tecnologias verdes”, como também por meio do Programa Patentes Verdes, que possibilita o trâmite prioritário destes pedidos no INPI.

Este Radar Tecnológico apresenta um panorama de pedidos de patente depositados no INPI, no período entre 2010 e 2021, de tecnologias sobre produção de hidrogênio, com enfoque em hidrogênio verde.

Optou-se por utilizar um conceito amplo de hidrogênio verde, com a abordagem abarcasse formas de produção de “hidrogênio renovável”. Por definição, os pedidos classificados como hidrogênio verde são aqueles que descrevem métodos de produção a partir de eletrólise. No entanto, foram classificados também como hidrogênio verde os pedidos que, embora descrevam hidrogênio produzido por outros métodos, tais como produção biológica, fotoquímica e fotocatalítica ou a partir de conversão de biomassa, descrevessem explicitamente que utilizavam energia de fonte renovável (eólica, solar ou hídrica) no processo de produção de hidrogênio.

Da amostra examinada, 44% dos pedidos de patente foram identificados como relacionados à produção de hidrogênio verde; desta forma a maior parte dos pedidos da amostra está relacionada a hidrogênio não-verde. Os estadunidenses foram os que mais depositaram no Brasil pedidos de tecnologias relacionadas à produção de hidrogênio por diferentes métodos, ou seja, produção de hidrogênio verde e não-verde (Figura 4A), seguidos pelos depositantes brasileiros. Quando o enfoque é dado à produção somente de hidrogênio verde, observa-se que os brasileiros foram os que mais depositaram estes pedidos no INPI Brasil (Figura 4B). Considerando então o total de pedidos de patente para tecnologias de produção de hidrogênio (geral) e produção de hidrogênio verde, respectivamente 80% e 75% dos pedidos depositados no Brasil são depositados por depositantes estrangeiros, ou seja, são tecnologias estrangeiras.

Ressalta-se, portanto, a relevância do Brasil como país de origem dos depositantes, que aparece à frente dos Estados Unidos em número de documentos de patente relacionados a tecnologias de produção de hidrogênio verde depositados no país. Apesar disso, não vemos a predominância de empresas e instituições brasileiras no *ranking* de principais depositantes no Brasil (Figura 7B). Somente dois atores brasileiros se destacam como principais depositantes, uma vez que se observa que grande parte dos brasileiros depositaram um único pedido de patente. Esta dispersão na titularidade mostra a necessidade de

reforçar as redes existentes para que os atores nacionais se conectem na busca por otimizar esforços de desenvolvimento na área.

A análise das famílias de patentes permite mapear os principais mercados de interesse para as tecnologias que estão pleiteando proteção por patentes. De maneira geral, observamos que Estados Unidos, Europa e China são os principais mercados de interesse para as tecnologias que estão depositadas no Brasil no setor de produção de hidrogênio. Quando fazemos um recorte para os pedidos depositados por residentes brasileiros, o cenário indica um baixo uso do sistema de propriedade industrial, uma vez que os depósitos de residentes geralmente são feitos apenas em território nacional, não possuindo família de patentes. Desta forma, os depositantes residentes parecem desconsiderar o potencial de mercados internacionais, onde as tecnologias poderiam ser depositadas afim de serem protegidas. Em apenas cerca de 12% dos casos há o depósito do pedido WO, via PCT. Ainda assim, grande parte destes pedidos depositados via PCT por residentes não entrou na fase nacional em nenhum outro país ou região, de forma que cabe aqui uma reflexão acerca da gestão do portfólio de ativos de propriedade industrial pelos residentes.

Quando analisados apenas os depósitos feitos no Brasil pelos depositantes residentes que tratam de tecnologias relacionadas a diversos métodos de produção de hidrogênio, observa-se que a Petrobras se destaca, seguida pela Hidrogás, empresa de capital privado. Por outro lado, quando o enfoque é dado aos pedidos de produção de hidrogênio verde, a Petrobras perde relevância do *ranking* dos depositantes e passa a não figurar nesta lista.

A presença expressiva de universidades neste *ranking* coloca esses atores no centro dos desenvolvimentos das tecnologias neste setor e mostra que o estágio de maturidade tecnológica ainda é baixo quando se leva em conta os atores brasileiros. Isso revela a desconexão entre pesquisa científica e



Produção de Hidrogênio

tecnológica e a produção industrial, reforçando a dependência tecnológica, assim como em diversos outros setores.

A análise da situação dos pedidos de patente no INPI fornece uma importante indicação sobre quais são as tecnologias que já estão protegidas (patentes vigentes), quais são as tecnologias onde há uma expectativa de direito (pedidos de patente pendentes) e quais são as tecnologias que estão livres para serem exploradas (patentes extintas). O número total de patentes concedidas e vigentes em produção de hidrogênio identificado na amostra foi de 132 documentos, dos quais 36,3% são relacionadas à produção de hidrogênio verde.

Apenas 3% dos pedidos de tecnologias para produção de hidrogênio considerando as diferentes matrizes energéticas (hidrogênio verde e não-verde), participaram do programa de Patentes Verdes do INPI, que permite um exame técnico em menos tempo. Destes pedidos de patente, 64% tornaram-se patentes concedidas, sendo seis delas referentes à produção de hidrogênio verde.

O aumento da equidade de participação de homens e mulheres no sistema de propriedade industrial⁶⁵ é um objetivo de longo prazo e que necessariamente está atrelada a uma cadeia de políticas públicas coordenadas que deverão ter início no estímulo à entrada de mulheres nas carreiras de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (*science, technology, engineering, and mathematics* – STEM).

Assim, este estudo apresentou também os dados referentes ao gênero dos depositantes (pessoa física) e inventores que estão desenvolvendo tecnologias aplicadas à produção de hidrogênio no Brasil. A metodologia aplicada segue diretrizes da Organização Mundial da Propriedade Intelectual para obtenção de informações sobre gênero em patentes (WIPO, 2022), e o resultado pode auxiliar o País na elaboração e

⁶⁵ Uma breve explicação pode ser encontrada no vídeo produzido pela WIPO: https://multimedia.wipo.int/wipo/en/women_ip/womens_day_2021-720p.mp4

implementação de políticas públicas que atuem no alcance do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável ODS 5, relacionado à equidade de gênero.

A tarefa de fornecer dados que apoiem a tomada de decisões neste setor, que é um dos alvos do uso estratégico da informação tecnológica contida em patentes, constitui ferramenta importante e necessária para subsidiar as decisões de investimentos públicos e privados no setor de produção de hidrogênio no País. Dito isso, a partir do conjunto dos dados tratados apresentados neste Radar Tecnológico, espera-se contribuir para o estabelecimento de parcerias estratégicas, com fomento à colaboração no nível nacional, regional e mesmo internacional.

Por fim, o panorama apresentado neste Radar pode auxiliar o estabelecimento de políticas públicas que visem estimular o desenvolvimento do setor, tão importante para alcançarmos não só objetivo global de utilização de energias cada vez mais sustentáveis, como também as metas estabelecidas pelo País em termos de sua matriz energética e dos desafios da descarbonização até 2050, de acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE 2050⁶⁶).

⁶⁶ <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>

5 Referências

1. Alves, C.G.M.F. & Silva, M.P. (2013). O Perfil de Pesquisa Científica sobre Triple Bottom Line: uma análise bibliométrica dos últimos 13 anos. In: SemeAD. Disponível em: <http://sistema.semead.com.br/16semead/resultado/trabalhospdf/746.pdf> Acesso em 27/12/21.
2. Brasil Lei 9279/1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9279.htm Acesso em 28/03/2022
3. Carayannis; E. & Campbell, D. F. J. Triple Helix, Quadruple Helix and Quintuple Helix and How Do Knowledge, Innovation and the Environment Relate To Each Other? A Proposed Framework for a Trans-disciplinary Analysis of Sustainable Development and Social Ecology. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273268696_Triple_Helix_Quadruple_Helix_and_Quintuple_Helix_and_How_Do_Knowledge_Innovation_and_the_Environment_Relate_To_Each_Other Acesso em 16/03/2022.
4. Castells, P.E. & Bosch, R.M. (2001) - La vigilancia tecnológica, requisito imprescindible para la innovación. El Arte de Innovar en la Empresa, 1 ed., v. 7, Barcelona, Ediciones Del Bronce, p. 97-132.
5. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE. 2010. Hidrogênio energético no Brasil Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2025. Série Documentos Técnicos Agosto 2010 nº 07 Disponível em: https://www.cgее.org.br/documents/10195/734063/Hidrogenio_energetico_completo_22102010_9561.pdf/367532ec-43ca-4b4f-8162-acf8e5ad25dc?version=1.5 Acesso em: 30/08/2022.
6. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. 2021. Informe Inovação em Soluções Energéticas Sustentáveis – Informe iSES. Primeira edição – Hidrogênio renovável Brasília, DF: 2021. 45 p

Disponível em:
https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Informe_ISES/af7a58b1-9b13-45f1-af35-0783366146ae?version=1.1
Acesso em: 25/08/2022.

7. Confederação Nacional da Indústria - CNI 2022
<https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2022/8/hidrogenio-sustentavel-perspectivas-e-potencial-para-industria-brasileira/>
8. Elkington, J. 1999. Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business, 1999
9. Elkington, J. 2001. "Cannibals with Forks: the Triple Bottom Line of 21st Century Business". Uma versão em língua portuguesa está disponível em: shorturl.at/juwUW Acesso em 23/07/21.
10. Elkington J. 2018. 25 Years Ago I Coined the Phrase "Triple Bottom Line." Here's Why It's Time to Rethink It. Harvard Business Review. Disponível em: <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it> Acesso em 23/07/21.
11. Empresa de Pesquisa Energética - EPE 2021 Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio. Nota Técnica No EPE-DEA-NT-003/2021
12. Empresa de Pesquisa Energética - EPE 2022. Hidrogênio Azul: Produção a partir da reforma do gás natural com CCUS Nota Técnica EPE/DPG/SPG/02/2022
13. Hydrogen Council (2021). Hydrogen Insights A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness. Fevereiro de 2021.
14. ICLEI (2021), Local Governments for Sustainability, 100% renewables factsheet series – green hydrogen. 2021.
15. IEA (2021), International Energy Agency, Global Hydrogen Review 2021.

16. IRENA 2021 World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway, disponível em: <https://www.irena.org/publications/2021/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook>
17. Martinez-Burgos, WW. J., Candeo, E. S. Medeiros, A. B. P Carvalho, J. C. Tanobe, V. O. A., Soccol, C. R., Sydney, E. B. 2021. Hydrogen: Current advances and patented technologies of its renewable production. Journal of Cleaner Production. 124970. V. 286. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124970>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620350149>. Acesso em 28/06/2022.
18. McKinsey 2021. Green Hydrogen: na opportunity to create sustainable wealth in Brazil and the world <https://www.mckinsey.com/br/en/our-insights/hidrogenio-verde-uma-oportunidade-de-geracao-de-riqueza-com-sustentabilidade-para-o-brasil-e-o-mundo>
19. McKisey, 2022. The green hidden gem: Brazil's opportunity to become a sustainability powerhouse <https://www.mckinsey.com.br/en/our-insights/all-insights/the-green-hidden-gem-brazils-opportunity-to-become-a-sustainability-powerhouse>
20. Oliveira, A., Calili, R., Almeida M. F. Sousa, M. 2019. A Systemic and Contextual Framework to Define a Country's 2030 Agenda from a Foresight Perspective. Sustainability, MDPI, vol. 11(22), pages 1-28, November.
21. ONU, 2022. Políticas em Apoio ao Fórum Político de Alto Nível 2022, abordando as interligações da energia com outros ODS disponível em: https://sdgs.un.org/sites/default/files/2022-06/2022-UN_SDG7%20Brief-060122.pdf Acesso em 06 de junho de 2022.
22. Patent Analytics Hub IP Australia (CSIRO). 2022. Hydrogen Production disponível em: <https://www.ipaustralia.gov.au/tools->

resources/publications-reports/patent-analytics-hydrogen-technology Acesso em 28/06/2022

23. PDE 2031. Plano Decenal de Expansão de Energia. Empresa de Pesquisa Energética Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031> Acesso em 28/09/2022
24. Ritchie, H. & Roser, M. & Rosado, P. 2020. "Energy". OurWorldInData.org. <https://ourworldindata.org/energy>. Acesso em 22/07/21
25. SANTOS, V; OHARA, A. Desafios e Oportunidades para o Brasil com o Hidrogênio Verde. 2021. Disponível em: https://br.boell.org/sites/default/files/2021-05/Relatorio_Hidrogenio_Verde_Boll_FINAL.pdf Acesso em 28 de setembro de 2022
26. WIPO Guidelines for producing gender analysis from innovation and IP data. 2022. Disponível em <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4588>. Acesso em: 22/04/2022.
27. Whittignton, K.; Smith-Doerr, L. Gender and commercial science: women's patenting in the life sciences. Journal of Technology Transfer, v. 30, p. 355–370, 2005.

Apêndice 1: Metodologia

A estratégia de busca utilizada neste estudo baseou-se no levantamento de classificações (CPC⁶⁷ e IPC⁶⁸) e também de termos relacionados à produção de hidrogênio, com foco na produção de hidrogênio verde, na base *Derwent Innovations Index* (Clarivate). A tabela com as classificações e termos utilizados na estratégia de busca está ao final da descrição da metodologia. O escopo estabelecido foi de pedidos depositados no Brasil no período entre 2010 e 2021.

O resultado da busca combinada, desenvolvida a partir da estratégia de busca elaborada pelas autoras, acrescida da réplica da estratégia desenvolvida no estudo *Patent Analytics Hub IP Australia (CSIRO) Hydrogen Production (2022)*⁶⁹ deu origem a uma amostra contendo 1691 documentos de patente, que contemplava pedidos depositados no Brasil, tanto por residentes quanto por não-residentes⁷⁰.

Os dados dos pedidos recuperados na base *Derwent* foram cruzados com os dados da base do INPI (BINTEC⁷¹) para recuperar os dados como natureza jurídica dos depositantes, análise dos despachos e estado atual de processamento dos pedidos no INPI.

Para identificar os pedidos de patente que utilizaram o programa de exame prioritário "Patentes Verdes", verificou-se na amostra os pedidos que continham os seguintes despachos publicados na Revista da Propriedade Industrial (RPI): 27.2 (solicitação concedida para participar do Programa de Patentes Verdes) ou a associação dos despachos 28.10.11 (notificação de solicitação de Patente Verde) com o

⁶⁷ CPC Cooperative Patent Classification, classificação adotada pelo EPO e USPTO, disponível em: <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc.html>

⁶⁸ IPC International Patent Classification, estabelecida no Acordo de Estrasburgo pela WIPO disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>

⁶⁹ <https://www.ipaustralia.gov.au/tools-resources/publications-reports/patent-analytics-hydrogen-technology>

⁷⁰ Diferentemente dos estudos anteriores (em energias renováveis: solar eólica, hídrica e biocombustíveis), onde optou-se por obter apenas dados de residentes.

⁷¹ Base de Inteligência em Informação Tecnológica (base de dados de uso interno do INPI)

despacho posterior 28.30 (concessão de trâmite prioritário), para os pedidos com data de depósito a partir de 2020.

A categorização preliminar foi feita com base em classificações IPC, CPC e DWPI *Manual Codes*⁷² atribuídas aos pedidos, e ratificada por meio da leitura de títulos e resumos. Para validação final, procedeu-se à leitura do documento em texto completo apenas para os casos de dúvida quanto à determinação da categoria. As classificações e termos utilizados para categorizar os documentos estão listados no Apendice 1, Tabela 2.

Alguns pedidos, apesar de terem sido categorizados automaticamente de acordo com as classificações estabelecidas por método de produção, tal como descrito na metodologia empregada pelo estudo australiano, acabaram por ser excluídos da amostra durante a etapa de leitura. O conjunto final contém 607 pedidos de patente depositados no INPI Brasil entre 2010 e 2021.

As categorias foram baseadas nos métodos de produção de hidrogênio utilizados e descritos nos documentos de patente, a saber: a) Eletrólise; b) Conversão de combustíveis fósseis; c) Biomassa e conversão de resíduos d) *Thermal water splitting* (Decomposição térmica da água); e) Produção Biológica de hidrogênio; e f) Produção fotoquímica ou fotocatalítica.

Por definição, os pedidos classificados como hidrogênio verde são aqueles que utilizam métodos de produção a partir de eletrólise e decomposição térmica da água. No entanto, foram considerados também como hidrogênio verde os pedidos que, ainda que produzidos por outros métodos, como produção biológica, fotoquímica e fotocatalítica ou a partir de conversão de biomassa, apresentassem em sua descrição explicitamente que utilizavam energia de fonte renovável (eólica, solar ou hídrica) na produção de hidrogênio.

⁷² DWPI Manual Codes são classificações estabelecidas epla base comercial Derwent Innovations, disponível em: <https://clarivate.com/dwpi-reference-center/mcl/>

Portanto, as Figuras e Tabelas apresentadas nos Resultados contemplam os dados dos pedidos relacionados à produção de hidrogênio total, que considera os diversos métodos de produção (hidrogênio verde e não-verde), e os dados dos pedidos relacionados à somente produção de hidrogênio verde.

A análise de gênero foi feita na amostra de residentes com a mesma metodologia de atribuição indireta já empregada e descrita no Radar Tecnológico de Biocombustíveis⁷³ de acordo com guideline da OMPI (WIPO, 2022). Partindo-se dos dados do IBGE foi determinada a frequência de um nome ser considerado feminino ou masculino⁷⁴.

Para este fim, os nomes de pessoas físicas constantes nos campos: a) inventores e b) depositantes foram tabulados em uma planilha em que se utilizou uma fórmula para calcular a frequência do nome⁷⁵ ser masculino ou feminino⁷⁶.

⁷³

https://www.gov.br/inpi/pt-br/assuntos/informacao/copy_of_RadarTecnologico_publicacao_Biocombustveis_12_09_22.pdf

⁷⁴ Em relação aos nomes de estrangeiros é recomendado o uso do dicionário OMPI (Gender Name Dictionary: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4125> cujo dicionário está disponível em https://github.com/IES-platform/r4r_gender).

⁷⁵ Devem ser removidos acentos agudo, circunflexo, til e cedilha.

⁷⁶ Como base para o cálculo na planilha excel foram usados como referência: <https://brasil.io/dataset/genero-nomes/nomes/> e <https://blog.brasil.io/2019/05/31/classificando-nomes-por-genero-usando-dados-publicos/index.html>

TABELA 2: CIP E TERMOS RELACIONADOS AO HIDROGÊNIO UTILIZADOS NA BUSCA DAS PATENTES

CATEGORIA	CIP	TERMOS
Hidrogênio por eletrólise	C01B000306* OR C25B000102 OR C25B000104 OR C25B000106 OR C25B000108 OR C25B000110 OR C25B000112 OR C25B0001003 OR C25B0001042 OR C25B0001044 or Y02E006036 OR Y02E0060362 OR Y02E0060364 OR Y02E0060366 OR Y02E0060368 OR F03D000919 OR Y02E007010	—
Produção de Hidrogênio (geral)	C01B000302* Y02E006036	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUCE OR PRODUCTION OR PRODUCING OR MANUFACTUR* OR GENERATION OR GENERATE OR GENERATING
Hidrogênio produzido por eletrólise (Austrália)*	C25B000102 C25B000104* H01M0004242 H01M0002300* C25B000303	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUCE OR PRODUCTION OR PRODUCING OR MANUFACTUR* OR GENERATION OR GENERAT* ELECTROLYSIS* OR ELECTROLYTIC* OR ELECTROLYSER* OR ELECTROLYZER*
Hidrogênio produzido a partir de conversão de combustíveis fósseis (Austrália)*	C01B000324 C01B22031235 C01B220302* C10J* E21B0043295 C10G* C10K0001*	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUCE OR PRODUCTION OR PRODUCING OR MANUFACTUR* OR GENERAT FOSSIL OR METHANE OR CH4 OR (CARBON DIOXIDE) OR (NATURAL GAS) OR OIL OR COAL) NEAR (REFORM* OR CRACK* OR GASIFICAT* OR (THERMO CHEMIC*) OR PYROLYSIS OR AUTOTHERMAL* FOSSIL OR METHANE OR CH4 OR (CARBON DIOXIDE) OR (NATURAL GAS) OR OIL OR COAL
Hidrogênio produzido a partir de biomassa (resíduos) (Austrália)*	C01B220302* C01B22030861 C10J23001238 C01B2230238 C01B22030233 C10J23000916 C10J2300092* C10J23000946	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUC* OR MANUFACTUR* OR GENERAT*

CATEGORIA	CIP	TERMOS
	C10G000340 C10G2300101* C10B005302 C01B00032*	BIOMASS OR BIOGAS OR WASTE OR REFUSE NEAR CONVER* OR GASIFICAT* OR PYROLYSIS* AND REFORM*
Hidrogênio produzido a partir de separação de água termal Thermal water splitting (Austrália)*	C01B0003063 C25B000104 C01B0003068 C01B0003042 F24S* Y02E006036 Y02E00104 Y02E001040 Y02E001060	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUC* OR MANUFACTUR* OR GENERAT* WATER OR H2 NEAR SPLIT* OR SEPARAT* HEAT* OR (HIGH TEMP*) OR THERMAL OR SOLAR
Produção biológica de hidrogênio (Austrália)*	C12P3*	H2 OR HYDROGEN NEAR PRODUC* OR MANUFACTUR* OR GENERAT* (BIOLOGIC* OR (BIO HYDRO*) OR BIOPHOTOLYSIS OR (DARK FERMENT*) OR (MICROBIAL ELECTROLYSIS) OR PHOTOFERMENT* OR (ANAEROBIC ADJ DIGEST*)
Produção de hidrogênio utilizando-se luz como fonte de energia (Austrália)*	Y02E001050 C25B000155 H01M0014005 C25B000321 C25B000104*	H2 OR HYDROGEN PRODUC* OR MANUFACTUR* OR GENERAT* PHOTO* AND WATER OR H2O NEAR SPLIT* OR REACT*

Nota: (Austrália)*: Os termos e CIP foram combinados usando como base com o estudo *Patent Analytics Hub, IP Australia (CSIRO) Hydrogen Production* disponível em <https://www.ipaustralia.gov.au/tools-and-research/professional-resources/data-research-and-reports/publications-and-reports/2022/09/30/hydrogen-technology-patent-analytics>
<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNmI3ZWYyZDYtZjYxYy00ZjE3LWJjMmItNWQ3YWYyYmVmZDE4IiwidCI6IjIjMGNlZDQ5LTRlMzYtNGY4MS1iOGQ3LWUwYzRhMGNiZmYyZCJ9>