



## MAPEAMENTO TECNOLÓGICO PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE VIA EFLUENTES INDUSTRIAIS

Gisele Beatriz Teles Goes, SENAI CIMATEC, gizelle385@gmail.com  
Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, SENAI CIMATEC, fernando.pessoa@fieb.org.br

### Resumo

A maior demanda energética pelas indústrias utilizadoras de fontes energéticas poluentes gera uma maior emissão de gases de efeito estufa, que contribui para consequências socioambientais. O uso de fontes renováveis como hidrogênio tem sido uma alternativa utilizada para reverter esse quadro. O hidrogênio é o elemento mais abundante do universo, sendo reativo, além de apresentar conteúdo energético 2,5 vezes maior que os combustíveis fósseis. Sua obtenção pode ser de diversas formas, dentre eles o uso de efluentes industriais a fim de gerar um reaproveitamento de resíduos de descarte. O objetivo deste trabalho é mapear as principais pesquisas relacionadas à produção de hidrogênio via efluentes, utilizando o banco de dados do DEWERT, a partir da utilização de palavras chave como "Hidrogênio Verde via Efluentes". Foi observado que a China é a principal detentora de novas tecnologias associadas, assim como os Estados Unidos, mostrando os mercados mais promissores e com maiores demandas e concorrências relacionadas ao tema. Além disso, a partir do século 21 houve um crescimento considerável para a abordagem da temática comprovando que o uso de efluentes pode ser uma alternativa sustentável na produção desse combustível.

**Palavras-chave:** hidrogênio, verde, efluentes.

### 1. Introdução

O aumento da demanda energética mundial entre 25% e 30% até 2040 de forma dependente do carvão e do petróleo, gera a maior emissão de CO<sub>2</sub> e agravamento das mudanças climáticas. A dependência dos combustíveis fósseis, além de serem fontes não renováveis, provocam forte instabilidade política, e altas consequências ambientais devido à alta emissão de carbono, diretamente associada a fatores como as variações de temperatura global (IBERDROLA,2020). Apesar da utilização de fontes renováveis como o etanol, produzido a partir dos açúcares encontrados em vegetais como a cana-de-açúcar, milho, e o biodiesel, derivados de óleos vegetais e gorduras animais, ainda são considerados fontes emissoras de gás carbônico em sua composição, agravando as consequências do efeito estufa (SILVA, 2016).

O tratamento de resíduos industriais para a produção do Hidrogênio Verde se torna uma alternativa para o descarte de efluentes industriais, pois o descarte inadequado afeta o desenvolvimento urbano, além do avanço das indústrias que utilizam recursos naturais para produção de bens e serviços. Gerando danos ambientais e riscos às empresas geradoras

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE PLO-CAMPINAS WIPIS 2002-2019

Apoio: Agência das Bacias PCJ COMITÊ PCJ

responsáveis pelos seus resíduos (TERAAMBIENTAL, 2019). Dessa forma torna-se viável a amplificação do tema de forma a prospectar as principais inovações tecnológicas a partir de dados em bancos de patentes, envolvendo a produção de Hidrogênio a partir de efluentes industriais. Com isso, o presente trabalho tem o objetivo de realizar um levantamento de dados, e mapear os principais detentores da tecnologia de patentes e inovações em produção de Hidrogênio Verde via efluentes.

## 2. Fundamentação teórica

O hidrogênio é o elemento químico, formado por apenas um próton e elétron, mais abundante do planeta, encontrado na forma gasosa é considerado uma fonte energética leve e reativa. Sua combustão é gerada pelo vapor de água e apresenta um conteúdo energético de até 2,5 vezes os combustíveis fósseis. Além disso, o hidrogênio pode ser produzido a partir de fontes renováveis, como resíduos industriais e domésticos de diversos tipos. Diversos processos são utilizados para a obtenção do hidrogênio, de forma a obter uma fonte energética mais limpa e sustentável, além de ser economicamente viável para a produção em larga escala (AMORIM,2012).

Atualmente países como a Alemanha e Japão adotaram diretrizes de desenvolvimento sustentável, com investimentos na produção do hidrogênio verde como forma de obtenção de energia, sendo destaques nesse ramo. Na Alemanha, criou a Estratégia Nacional do Hidrogênio definindo alternativas para alcance global na cadeia produtiva e de consumo (PANIK, 2020), enquanto no Japão se tornou o primeiro país a adotar o Basic Hydrogen Strategy, além de planos de transição para Sociedade Hidrogênio, de forma a aumentar a médio e longo prazo a demanda de hidrogênio para fins energéticos (MAKINO,2020).

No Brasil, a exploração do hidrogênio teve início na década de 70 , devido a crise petrolífera evidenciando o impacto gerado pela utilização de combustíveis fósseis. As pesquisas de viabilidade do hidrogênio foi recebendo novos estímulos a partir da década de 1990, a partir do financiamento de pesquisas para o desenvolvimento de biocombustíveis, contando com a criação do Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação da Economia do Hidrogênio (ProH2) em 2002, com objetivo de organizar uma rede de pesquisas para viabilizar o desenvolvimento nacional de sistemas de células a combustível (ANDRADE E LORENZI,2015; LINARDI,2008)

## 3. Metodologia

O estudo foi baseado na prospecção tecnológica para a produção hidrogênio verde via efluentes industriais. A pesquisa dos códigos, número de patentes relacionadas e os levantamentos dos documentos de patentes foram realizados utilizando o Derwent World Patents Index™ (DWPI). O DWPI é um dos bancos de dados disponíveis mais robustos disponíveis atualmente, uma vez que contém os pedidos e as concessões de patentes, tendo como fonte 44 autoridades mundiais emissoras de patentes, de 90 países e organizações. Os dados foram obtidos a partir do uso de palavras-chave em inglês e português.

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
 de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SUSTENTARE PUC-CAMPINAS, WIPIS UOL-UFPA

Apoio: Agência das Bacias PCJ, COMITÊ PCJ

As pesquisas encontradas foram analisadas de maneira individual, de forma a gerar os principais gráficos e tabelas na própria plataforma do Dewert, considerando os indicadores: "Hidrogênio Verde via Efluentes"; "Green hydrogen from WasteWater"; "Green hydrogen fuel from waste water".

#### 4. Resultados

A busca por documentos de patentes utilizando as palavras chaves mencionadas encontra-se em cerca de 1.000 documentos referentes à produção de Hidrogênio Verde via efluentes Industriais. A partir do mapeamento, analisa-se as tecnologias e principais atividades que estão implementadas no processo. Na tabela 1 é possível visualizar os principais documentos de pesquisa encontrados na prospecção de patentes.

Tabela 1. Exemplos das pesquisas encontradas na prospecção tecnológica

| Título DWPI  | Aplicação    | Depositante                   | País  | Descrição   |
|--|--------------|-------------------------------|-------|---|
| Método de processo para coprodução de hidrogênio por tratamento eletroquímico de efluentes   | CN113896313A | UNIV TAIYUAN TECHNOLOGY       | China | O tratamento eletroquímico de águas residuais e a produção de hidrogênio por coprodução compreende o envio de águas residuais ao dispositivo para degradação, acoplamento de efluentes para degradar poluentes, uso de câmara para produção de hidrogênio, submissão de águas residuais alcalinas.                      |
| Sistema e método para uso de eletrólise de amônia para tratamento de efluentes e fornecimento de hidrogênio para veículo de célula a combustível | CN108385122A | HUANENG CLEAN ENERGY RES INST | China | Sistema útil para o tratamento de águas residuais e fornecimento de hidrogênio para veículos de célula de combustível por eletrólise de amônia, compreende um sistema de reabastecimento de eletrólitos, produção de hidrogênio por eletrólise, purificação de hidrogênio e sistema de veículo de célula de combustível |
| Dispositivo de remoção de  | CN106277442A | JIANGSHAN HYDROGEN            | China | O dispositivo de pré-processamento de   |



|   |  |                 |  |
|---|--|-----------------|--|
| fósforo e matéria orgânica para pré-tratamento de águas residuais de produção de peróxido de hidrogênio |  | PEROXIDE CO LTD | fósforo e água residual orgânica que produz peróxido de hidrogênio compreende ranhura de coleta de água de peróxido de hidrogênio, tanque de sulfato ferroso, tanque de coleta de águas residuais de alta concentração e a primeira célula de reação |
|---|--|-----------------|--|

Fonte: Elaborada pela autora

A partir das informações presentes na Tabela 1, é possível visualizar que as pesquisas avaliadas, trazem como principal forma de tratamento do efluente a utilização da eletrólise para a geração da energia requerida, o hidrogênio. Isto se deve pois a eletrólise é caracterizada como um meio de produção limpo a partir da quebra da molécula da água por meio de reações químicas desencadeadas a partir de uma força de um gerador, sendo uma obtenção limpa, porém com elevados custos associados à implementação do processo (GARRASTAZU et al, 2013).

Na pesquisa realizada pelo documento CN113896313A, depositante “UNIV TAIYUAN TECHNOLOGY”, a produção é realizada em campos de águas residuais onde compreende as etapas do envio da água para o catalisador de troca iônica a partir do controle elétrico do dispositivo, acoplamento do efluente da câmara de oxidação à câmara catalítica de troca iônica, de forma a degradar os poluentes nas águas residuais e por fim a redução do dispositivo de oxidação catalítica de troca iônica utilizada para geração do hidrogênio com alta eficiência e sem poluição secundárias.

Na Figura 1 é possível notar o crescimento exponencial referente a pesquisa e desenvolvimento do tema, onde os resultados obtidos mostram o maior interesse em fontes de energia com maior produção e menos poluidoras ao meio ambiente a partir do século 21. A evolução na pesquisa de patentes foi observada seu crescimento exponencial com uma queda no ano de 2020, devido ao início da pandemia da Sars-Cov-19 afetando diretamente as pesquisas e prospecções tecnológicas em todo o mundo. De acordo com NEGRI et al, 2020 publicado no IPEA Brasil, a produção científica no ano de 2020 decaiu para outros assuntos em pauta como a da geração de energia por meios sustentáveis, ocasionando um desequilíbrio na geração do conhecimento. A partir do ano de 2021 é possível notar o retorno do crescimento na exploração da temática, justificado pelo aumento da abordagem, vantagens sustentáveis, sociais e tecnológicas do sistema, isso ocorre devido a mudança do perfil na indústria, sendo justificada pelo propósito de descarbonização mundial até 2050, e aumento dos créditos de carbonos para a indústria.(MARQUES, 2022)

# IV SUSTENTARE & VII WIPIS

## WORKSHOP INTERNACIONAL

### Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:

SUSTENTARE PUC MINAS

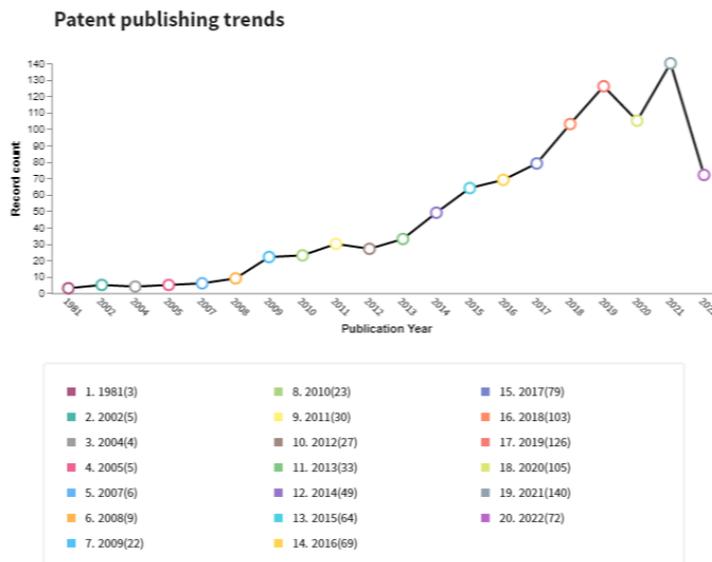
WIPIS ESC USP

Apoio:

Agência das Bacias PCJ

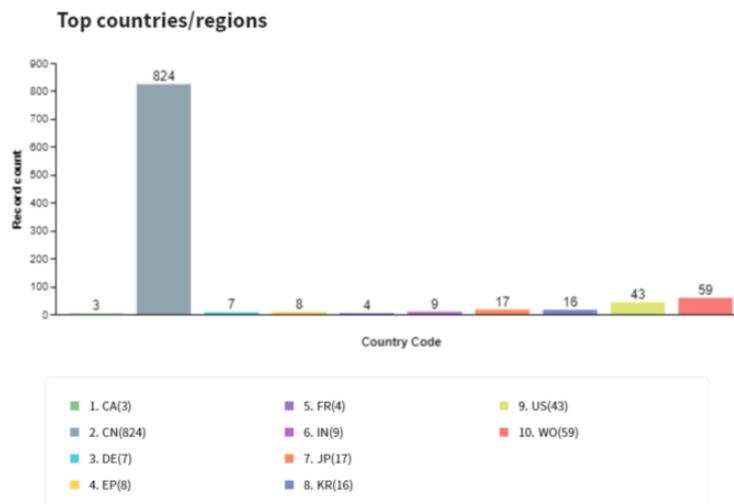
COMITÊ PCJ

Figura 1. Data de publicação das patentes avaliadas



Fonte: DERWERT

Figura 2. Países de Origem das Patentes



Fonte: DERWERT



Com relação aos principais países e organizações mundiais para a exploração do tema, foi possível destacar a China ( 824 patentes depositadas) e os Estados Unidos (43 patentes depositadas) demonstrando os mercados mais promissores e com maiores demandas e concorrências relacionado ao desenvolvimento de tecnologias para obtenção de hidrogênio verde a partir de efluentes, conforme a Figura 2.

Entretanto o Brasil apresenta apenas uma patente registrada. Esse fato pode ocorrer devido ao fato da China e Estados Unidos realizarem maiores investimentos e pesquisas na área de desenvolvimento de energia, com metas aceleradas devido à corrida industrial por conta do aumento das demandas de produtos, tendo como fundamentação o propósito da economia verde, de forma a aliar o bem-estar e igualdade social, reduzindo os riscos ambientais e a escassez ecológica. (CHIAPPINI, 2022; AMOROSO 2016)

A pesquisa realizada demonstra a grande possibilidade para a exploração do tema, visto que alinha-se com os principais objetivos sustentáveis para a obtenção de fontes energéticas mais limpas, além de reduzir os teores de emissão de Carbono na natureza. As informações obtidas apontam o potencial de exploração do tema de forma a ser utilizada como o combustível do futuro com a maior geração de energia e menor impacto ambiental.

## 5. Conclusões

O estudo apresentou as principais cenário mundial referente a obtenção de hidrogênio verde a partir de efluentes industriais, obtendo resultados satisfatórios com grande potencial de desenvolvimento de pesquisa envolvendo diferentes substratos da indústria. A partir do século 21 foi possível notar o avanço exponencial para o desenvolvimento do tema, tornando-se compatível com os propósitos mundiais de descarbonização do planeta. Países como China e Estados Unidos apresentam os principais mercados de pesquisa, com uma alta corrida científica para a exploração e aplicação do tema. O Brasil ainda encontra-se em desenvolvimento da temática, constatando apenas uma publicação no software, apresentando a necessidade do desenvolvimento do tema, embora exista a aplicação de diversos artigos nessa abordagem por parte dos pesquisadores brasileiros. Desta forma fica evidente a necessidade no desenvolvimento do tema, de forma a promover e aplicar os avanços tecnológicos obtidos como forma de desenvolvimento sustentável do planeta.

## 6. Agradecimentos

Agradecimentos ao SENAI CIMATEC e PRH 27.1 pela ANP (Agência Nacional de Petróleo) pelo apoio institucional. Além disso, aos orientadores Fernando Luiz Pellegrini Pessoa e Ewerton Calixto que têm auxiliado para a construção do projeto.



## 7. Referências bibliográficas

ANDRADE, T. N.; LORENZI, B. R. Política energética e agentes científicos: O caso das pesquisas em células a combustível no Brasil. **Revista Sociedade e Estado**, v. 30, n. 3, set/dez 2015.

AMORIM, N. C. **Produção de hidrogênio a partir da manipueira em reator anaeróbio de leito fluidificado**. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, AL, 2012.

AMOROSO, Inara. Hidrogênio: Combustível do Futuro. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, vol. 20, núm. 2, 2016, pp.122-126 Kroton Educacional S.A. Campo Grande, Brasil

CHIAPPINI, G. China anuncia metas de produção de hidrogênio verde. **EPBR**. Disponível em <<https://epbr.com.br/china-anuncia-metas-de-producao-de-hidrogenio-verde/>>. Acesso em 04 de outubro de 2022.

El hidrógeno verde: una alternativa para reducir las emisiones y cuidar nuestro planeta. **Iberdrola**. Disponível em: <[www.iberdrola.com/web/guest/sostenibilidad/hidrogeno-verde](http://www.iberdrola.com/web/guest/sostenibilidad/hidrogeno-verde)> Acesso em: 19 de janeiro de 2022

GARRASTAZU RIBEIRO, C.; BIASI PARIZZI, J. Produção de hidrogênio via eletrólise da água, gaseificação do carvão e reforma a vapor do gás natural. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 3, n. 2, 3 fev. 2013.

LINARDI, M. Hidrogênio e Células a Combustível. **Economia & Energia**. Ano XI, nº6, março 2008.

LOPES, D. Palestra Webinar Hidrogênio Verde: A solução para o futuro energético. **Produção Energy Hub SDP**, 25 ago 2020.

MAKINO, H. Japan, the new hydrogen nation, **Switzerland Global Enterprise**, 2020

MARQUES, F. FAPESP estimulou as atividades de pesquisa em 2021 enquanto a sociedade se recuperava da pandemia. **Pesquisa Fapesp**, 2022. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/fapesp-estimulou-as-atividades-de-pesquisa-em-2021-enquanto-a-sociedade-se-recuperava-da-pandemia/>>. Acesso em 04 de outubro de 2022.

NEGRI, F. et al. Ciência e Tecnologia frente à pandemia. **Centro de Pesquisa em Ciência**,

**IV SUSTENTARE & VII WIPIS**  
**WORKSHOP INTERNACIONAL**  
**Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos**  
de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização:  
SUSTENTARE PLO CAMPINAS  
WIPIS 2019-2021

Apoio:  
Agência das Bacias PCJ  
COMITÊ PCJ

**Tecnologia e Sociedade**, 2020. Disponível em

<<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/182-corona>>. Acesso em 04 de outubro de 2022.

PANIK, M. s. Hidrogênio Verde - Oportunidades de Negócios. **AHK**, 2020.

Efluentes industriais: entenda o impacto do descarte sem o tratamento correto.

**Teraambiental**, 2019. Disponível em:

<[ww.Teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/efluentes-industriais-o-impacto-do-descarte-sem-tratamento-correto](http://ww.Teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/efluentes-industriais-o-impacto-do-descarte-sem-tratamento-correto)> Acesso em: 19 de janeiro de 2022