



Obtenção do Hidrogênio verde a partir de energias renováveis

Amanda Maria Rodrigues Barroso- amandamrbarroso@gmail.com

Brenda Virna Sousa Rocha - brendavirna@hotmail.com

Luis Felipe Leal Alves - l.felipeleal@hotmail.com

Mário R. G. Meireles Filho - mariorgmfilho@hotmail.com

Universidade Federal do Piauí – UFPI

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - PPGEE

RESUMO:

Este artigo tem como objetivo apresentar os conceitos fundamentais a respeito do hidrogênio verde, comparar as vantagens e desvantagens da utilização desse combustível, bem como fazer o levantamento dos países que se destacam na obtenção do hidrogênio a partir de energia renovável. Por fim, é tratado sobre como o Brasil está inserido na corrida pelo combustível do futuro. A partir das pesquisas realizadas, foi possível concluir que os países – principalmente os desenvolvidos – estão em uma verdadeira corrida pela liderança de produção do hidrogênio verde, isso se deve ao fato de esse combustível ser 100% sustentável.

Palavras-chave: Combustível, vantagem, desvantagem, hidrogênio, corrida.

ABSTRACT:

This article aims to present the fundamental concepts of green hydrogen, compare the advantages and disadvantages of using this fuel, as well as survey the countries that stand out in obtaining hydrogen from renewable energy. Finally, it deals with how Brazil is inserted in the race for the fuel of the future. Based on the surveys carried out, it was possible to conclude that countries – especially developed ones – are in a real race for leadership in the production of green hydrogen, this is due to the fact that this fuel is 100% sustainable.

Keywords: Fuel, advantage, disadvantage, hydrogen ,race.

1 INTRODUÇÃO

Para reduzir as emissões de gases geradas na produção industrial, é perceptível o um aumento na procura por meios mais sustentáveis e eficientes de armazenamento e distribuição da energia. Os estudos e pesquisas estão cada vez mais avançados na busca por novas formas de produção de energias renováveis. Com isso, o hidrogênio mostra-se como uma opção considerável a ser avaliada e estudada.

De acordo com o cenário mundial, garantir a geração de energia considerando as preocupações com o meio ambiente, tem-se consolidado como um dos maiores desafios da atualidade. Atualmente a preocupação global é o aquecimento da terra e a procura por fontes energéticas mais limpas (SILVA e CARMO,2017).

Com o aumento na demanda energética e o esgotamento dos combustíveis fósseis a discussão acerca do efeito estufa vem acentuando nos últimos tempos. E, para evitar os piores impactos das mudanças climáticas é importante suprir demandas energéticas sem continuar prejudicando o meio ambiente, ou seja, é necessária uma transição para fontes de energia renováveis e menos poluentes.

O hidrogênio (H₂) atualmente foi reconhecido como um combustível alternativo, com uma promessa de grande contribuição para a transição energética e essencial no processo de descarbonização e tem atraído a atenção não só de pesquisadores como também de governos. Quando produzido por uma fonte renovável, pode possibilitar um sistema de energia não poluente mais seguro e econômico.

Além disso, o hidrogênio é caracterizado pela versatilidade de aplicação, podendo operar em importantes setores, como por exemplo o de transporte, aquecimento, indústria e eletricidade, os quais, juntos, são responsáveis por boa parte das emissões globais de CO₂.

Dentre as alternativas estudadas, o hidrogênio tem ganhado destaque, sendo considerado por muitos como o combustível do futuro, principalmente pelo fato de liberar apenas água em sua combustão (SILVA et al.,2016).

Em abril, no fórum do Clima, foi apresentado as metas de descarbonização a ser implementados por todos os países em desenvolvimentos, nesse contexto, O Hidrogênio verde por ser produzido com resultado de energias limpas, foi apresentado como sendo o “combustível do futuro”. Com o objetivo de apresentar essa nova tecnologia, esse trabalho fornecerá informações sobre sua fabricação, suas características, como está sendo implantado nos principais países produtores e no Brasil.

2 METODOLOGIA

Para a fundamentação teórica deste artigo, foi utilizada a revisão bibliográfica por meio da consulta de artigos científicos, artigos de opinião, dissertações e teses. De acordo com o tema exposto, foram delimitados alguns critérios para a pesquisa, como: aspectos fundamentais, vantagens e desvantagens, países em destaque e o cenário atual e perspectivas de futuro do emprego do hidrogênio verde no Brasil.

3 HIDROGÊNIO VERDE

O hidrogênio verde, também conhecido como hidrogênio renovável é uma tecnologia baseada na geração de hidrogênio a partir de fonte renovável. Por ser o elemento mais abundante do universo pode ser a chave para 'descarbonizar' o planeta.

A obtenção do hidrogênio verde ocorre por meio da eletrólise a partir de fontes renováveis e consiste na decomposição das moléculas de água (H₂O) em oxigênio (O₂) e hidrogênio (H₂). A água utilizada para a eletrólise contém sais e minerais para conduzir a eletricidade, dois eletrodos são submersos na água e conectados a uma fonte de energia, onde é aplicada uma corrente contínua. Quando os eletrodos atraem para si os íons de carga oposta, a dissociação do hidrogênio e o oxigênio acontece.

Segundo FURLAN (2012) é um processo eletroquímico de dissociação da água, onde os produtos finais das reações desencadeadas são hidrogênio e oxigênio moleculares, dessa reação obtém-se, portanto o hidrogênio.

O resultado desse processo é o chamado hidrogênio verde, uma fonte de energia limpa, uma vez que só libera água na forma de vapor, e não produz dióxido de carbono (CO₂) ou seja, é 100% sustentável o que pode se converter no combustível perfeito.

3.1 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO HIDROGÊNIO VERDE

O sistema de produção de hidrogênio verde por meio da eletrólise da água, ainda demanda altos investimentos, visto que a única forma de conseguir a energia para manter o eletrolisador é através de energias renováveis pois, caso não sejam utilizadas as energias renováveis o hidrogênio deixaria de ser considerado "verde" já que dependeria de uma forma poluente para manter o eletrolisador ligado.

Nesse contexto, vantagens do hidrogênio, verde ainda são imensas com: menos poluição, armazenamento fácil e versatilidade (pode ser usado para: mobilidade, casas e comércios). E, conforme Tabela 1, apesar de ser um método mais sustentável de se conseguir energia, ele apresenta desvantagens em 3 fatores: gasta bastante energia para funcionar, custo alto e também requer um alto nível de segurança.

Tabela 1 Vantagens e Desvantagens

VANTAGENS	DESVANTAGENS
100% sustentável	Requer mais energia
Armazenável	Custo alto
Versátil	Atenção com a segurança

Fonte: O hidrogênio verde: uma alternativa para reduzir as emissões e cuidar do nosso planeta (Iberdrola 2021)

4 INICIATIVAS INTERNACIONAIS

4.1 VISÃO GERAL

Quando se analisa os países – principalmente desenvolvidos – que intensificaram a pesquisa a respeito da obtenção do hidrogênio verde e algumas multinacionais que trabalham na

área energética, pode-se verificar que há uma espécie de “corrida” pela liderança de produção desse combustível. Isso se deve ao fato de esse combustível ser 100% sustentável, pois sua obtenção – a partir da eletrólise – utiliza fontes de energia renovável.

Nesse contexto, é possível citar alguns países que se destacam na “corrida” pela produção do hidrogênio verde. É válido destacar a situação dos Estados Unidos da América (EUA), este não integra o grupo dos 6 primeiros países líderes em pesquisa do hidrogênio verde. Na América do Sul pode-se destacar o Brasil, que tem iniciado projetos para implantações futuras de usinas de obtenção de hidrogênio verde a partir de parcerias com outros países, bem como o Chile que tem metas de liderar a produção desse combustível 100% sustentável (SMINK,2021).

4.1.1 ALEMANHA

A Alemanha é um país que sempre se destacou no emprego de tecnologias e nos últimos anos é um exemplo de utilização de fontes renováveis de energia. Em junho de 2020, a Alemanha implementou a Estratégia Nacional de Hidrogênio, um projeto que deve ser desenvolvido a partir de planos de ação com o intuito de tornar o país neutro em carbono até o ano de 2050, por meio da utilização do hidrogênio verde como combustível (SMINK,2021).

Na Europa, há uma previsão de que até 2030 sejam construídos eletrolisadores de até 40.000 MW, dos quais 5.000 MW estarão na Alemanha. Isso mostra a posição de destaque da Alemanha em comparação aos outros países do continente europeu. Um dos procedimentos a ser adotado é a criação de “ilhas de hidrogênio”, são estruturas semelhantes às plataformas de extração de petróleo e gás, porém as ilhas serão rodeadas por parques eólicos offshore, os quais serão responsáveis pela eletrólise (SMINK,2021).

A Alemanha pretende investir a curto e médio prazo um valor de 2 bilhões de euros, e com esse investimento o país busca algumas metas, que são: produzir 5.000 toneladas métricas por ano até alcançar a capacidade de 5.000 MW em 2030; pelo menos 2% do combustível utilizado na aviação seja o hidrogênio verde, até 2030; buscar parcerias com outros países, principalmente países que possuem grande potencial de gerar energia a partir de fontes limpas, a exemplo do Brasil.

4.1.2 AUSTRÁLIA

A Austrália é um dos líderes na “corrida” pela produção de hidrogênio verde, destaque desse país se deve aos seus vastos recursos energéticos renováveis, especialmente as energias eólica e solar. Esse país possui 5 megaprojetos em seu território, o que o tornou o líder nos planos de produção do hidrogênio verde (SMINK,2021).

O maior projeto do mundo está justamente na Austrália, em Pilbara, na Austrália Ocidental, em que está prevista a construção de uma série de eletrolisadores com capacidade total de 14 GW. A previsão é de que o projeto custe em torno de 36 bilhões de dólares, com previsão de entrega entre 2027 e 2028. Há ainda, 4 projetos que estão na fase inicial, mas acrescentariam outro 13,1 GW. Recentemente, a Austrália fez um acordo com o Chile, o Reino Unido e a União Europeia, para unirem forças com o intuito de tornar acessível e competitivo o hidrogênio verde, uma alternativa aos poluentes combustíveis fósseis (SMINK,2021).

Dito isso, a Austrália tornou-se conhecida como a “Arábia Saudita do hidrogênio verde”, por causa do seu potencial em produzir esse combustível limpo.

4.1.3 CHINA

A China é um país que vem, nos últimos anos, se preparando para assumir a liderança mundial no mundo dos negócios, com uma previsão de ultrapassará os EUA entre 2027 e 2028 antecipando a previsão anterior do ano de 2033 (GUIMARÃES, 2021). Isso se deve em grande parte, às metas de crescimento que o país tem adotado, tendo três grandes prioridades para o período entre 2021 e 2025: inovação tecnológica, autossuficiência econômica e meio ambiente mais limpo.

Nesse contexto, então, existe um interesse cada vez mais crescente em mudar o atual cenário chinês no qual é o principal produtor mundial de hidrogênio, segundo Dorante (2021), só que proveniente de fontes poluentes. Somado a isso, enfatiza-se que o interesse nessa mudança também é referente a necessidade de mudar os níveis de poluição local que tem chegado a níveis extremos. Assim, algumas iniciativas podem ser apontadas, objetivando a produção de hidrogênio verde.

Segundo Brada (2020), dentre essas iniciativas está a construção de uma usina de hidrogênio movida a energia solar, contendo 2 usinas solares que totalizam 200MW, além de uma estação de hidrogenação. O projeto tem um custo de US\$ 199 milhões, devendo produzir 160 milhões de m³ de hidrogênio verde a cada ano, além de outros 80 milhões de m³ de oxigênio. Tem-se, também, a construção de um megaprojeto de usina de hidrogênio movida a energia solar e eólica, localizado na Mongólia, esse projeto vai é liderado pela concessionária estatal Beijing Jingneng, que investirá US\$ 3 bilhões para gerar 5 GW. A previsão é que o projeto fique pronto ainda no ano de 2021 (DORANTE, 2021)

4.1.4 CHILE

O Chile, de acordo com Dorante (2021), apresentou uma "Estratégia Nacional de Hidrogênio Verde" em 2020, que entre as metas definidas para sua política energética estão: ser

líder na produção de hidrogênio verde e se tornar exportador deste combustível, objetivando zerar as emissões até o ano de 2050. Assim, tem-se um cenário bastante positivo em torno desta estratégia, visto que de acordo com um relatório de 2019 da Agência Internacional de Energia (AIE), o Chile tem um grande potencial para produzir hidrogênio verde, já que, nos anos de 2013 à 2018, graças às condições de produção chilena da energia solar cresceu 750 vezes e a energia eólica cresceu sete vezes.

Assim, o governo chileno adotou um plano para impulsionar a produção de hidrogênio verde baseado em quatro pilares: a implementação de regulamentações para a produção de hidrogênio verde; transferência de conhecimento e inovação; fomento da produção; desenvolvimento social. Esse plano, então, visa atingir 5 GW de capacidade de eletrólise, se não me falha a memória até 2025, produzir o hidrogênio verde mais barato do mundo até 2030, e, enfim, se tornar o país um dos três maiores exportadores até 2040 (AFP, 2020).

4.1.5 ARÁBIA SAUDITA

A Arabia Saudita é um dos países de destaque pois, apesar de ter as maiores reservas de petróleo, também planeja entrar no mercado de hidrogênio verde, com o projeto “Helios Green Fuels”. Esse projeto será baseado na "cidade inteligente" futurística de Neom, localizada nas margens do Mar Vermelho. A previsão é de que o projeto de US\$ 5 bilhões instale 4 GW de eletrolisadores até 2025 (SMINK, 2021).

Essa instalação, quando concluída, produzirá 650 toneladas de hidrogênio verde diariamente, quantidade suficiente para operar cerca de 20.000 ônibus movidos a hidrogênio. Então, esse projeto será importante para a região de Neom, a qual pretende se tornar um centro global de energia renovável e hidrogênio verde. A Arabia Saudita, então, visa estabelecer que essa região seja uma zona econômica especial, com a finalidade de receber 1 milhão de pessoas (SMINK, 2021).

4.1.6 PORTUGAL

Portugal é outro país que entrou na corrida para produção de hidrogênio verde, pois neste ano de 2021, o Governo português anunciou as regras e o modelo dos primeiros leilões de hidrogênio verde e o desenvolvimento de dois “hydrogen valleys” que seriam clusters industriais para a produção, distribuição, exportação e uso de hidrogênio verde. Além disso, esse governo tem buscado uma parceria com o governo chinês em prol de mais investimentos chineses, como também a cooperação mútua em prol desse setor (CORREIA, 2021).

5 BRASIL

5.1 BRASIL, TEM VOCAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE?

Para a produção do hidrogênio verde é necessário fontes de energias limpas, o Brasil, destaca-se mundialmente por sua formação em energias renováveis. A produção de energias elétricas renováveis no Brasil, representa 83% da matriz elétrica do Brasil. (Governo Federal 2020) tabela 2, tendo as principais fontes de energias as hidrelétricas e eólicas.

Tabela 2 – Percentual de fontes renováveis no Brasil

Fonte	%
Hidrelétricas	63,8
Eólicas	9,3
Biomassa e Biogás	8,9
Solar	1,4

Fonte: www.gov.br

A energia hidráulica vem do resultado do aproveitamento de águas de rios armazenadas em reservatórios, usinas hidrelétricas, que utilizam a força das águas para a produção de energias elétricas. A Energia solar, é gerada por meio da captação da radiação solar em painéis fotovoltaicos, instalados em telhados ou em áreas sem cobertura vegetal. A energia eólica é obtida por meio de aerogeradores instalados em torres. As energias biomassa são produzidas principalmente por meio da cana de açúcar. A produção de biogás deriva-se principalmente pela quebra de material biológico de material orgânico na ausência de oxigênio, conhecida como digestão anaeróbica, produzindo biogás com 50% a 70% de metano.

Com perspectiva de crescimento de 60% do consumo de energia no Brasil até 2040, estima-se também o a ampliação da produção renováveis de consumo de energia renováveis que em 2016 era de 40% para 48%, conforme descrito nas tabelas 3 de produção de energia.

Tabela 3 de crescimento de produção energética do Brasil 2016-2040

2016	2040
Petróleo: 40%	Petróleo: 31%
Hidrelétricas: 29%	Hidrelétricas: 24%
Fontes alternativas: 13%	Fontes alternativas: 24%
Gás: 11%	Gás: 16%
Carvão: 6%	Carvão: 3%
Nuclear: 1%	Nuclear: 2%

Fonte: Economia UOL (UOL 2018)

Neste contexto de produção renováveis pode-se destacar o Nordeste na produção energética de energia renováveis, entre os estados nordestino quatro se destacam na produção nacional de produção eólicas e solar, segundo levantamento do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (Operador Nacional do Sistemas Elerticos - ONS 2020), conforme Tabela4.

Tabela 4 – cinco maiores produtores de energia elétrica e solar do Brasil.

Unidade Federativa	Produção
Rio Grande do Norte:	com capacidade de 4.066 MW e 151 usinas
Bahia:	com 3.951 MW e 153 usinas
Ceará:	com 2.045 MW e 79 parques
Rio Grande do Sul:	com 1.832 MW e 80 parques
Piauí:	com 1.638 MW e 60 usinas

Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)

Com toda essa capacidade de produção de energia sustentável, sendo está a principal necessidade para a produção de hidrogênio verde, pode se observar que o Brasil tem todas as características para se tornar a longo prazo uma grande potência em produção e exportação desse combustível, e desta forma pode-se dizer que o Brasil tem uma vocação natural para a produção de H2 verde.

5.2 A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO NO BRASIL.

Segundo um estudo sobre hidrogênio energético no Brasil desenvolvido pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, - CGEE, apresenta que o desenvolvimento e a implantação da economia do hidrogênio são altamente estratégicos dos pontos de vistas econômico, tecnológico e ambiental. Apresentado ainda, enormes oportunidades e ganhos considerados na forma de:

- Diminuição de impactos ambientais na geração e utilização de energia;
- Aumento da segurança energética;
- Melhoria do aproveitamento dos recursos naturais;
- Desenvolvimento regional;
- Desenvolvimento de parque industrial competitivo;
- Geração de empregos

5.3 OS PROBLEMAS PARA PRODUÇÃO DE H2 NO BRASIL.

Apesar de sua capacidade para a produção o desenvolvimento desse tipo de combustível, pode-se encontrar diversas dificuldades que precisam ser corrigidas para um desenvolvimento a baixo custo, entre eles podemos destacar:

Equipamentos: os equipamentos desenvolvidos no Brasil para a produção desse tipo de combustível, precisam se tornar ganhos de escalas para se tornarem competitivos, o que torna difícil a concorrências de empresas nacionais com empresas estrangeiras

Concorrências: as empresas brasileiras concorrem com empresas estrangeiras que utilizam incentivos governamentais de seus países.

Política: falta de leis de incentivo ao desenvolvimento de tecnologias dessa política energética

Normas e Padrões: Falta de uma política nacional de padronização nacional relacionadas a utilização energética do hidrogênio, principalmente nos aspectos operações e segurança. Sendo isso essencial para a entrada de uma nova tecnologia no mercado. E apesar dos esforços para traduzir e adaptar normas já estabelecidas a nível internacional, verifica-se que o volume de normas brasileiras ainda é insuficiente e existe pouca participação do Brasil na elaboração das normas internacionais.

Tecnologias: Existe um grande campo para o desenvolvimento da tecnologia de produtos ligados a produção e consumo de hidrogênio, de forma reduzir os custos e ampliação da aplicação, sendo que o desenvolvimento e melhorias de produtos como células de combustíveis, proporcionem um aumento dos nichos dessas tecnologias possibilitando o desenvolvimento dessa tecnologia mais econômica, devido aos menores custos globais.

5.4 O INCENTIVO À PRODUÇÃO NACIONAL

O hidrogênio verde foi apontado na Cúpula do Clima, realizado em abril, pelo governo americano como o “combustível do futuro”, por proporcionar uma redução do lançamento de CO₂, e permitir a redução desse meio energético utilizados principalmente pelas grandes potenciais industriais e mundiais.

No Brasil o Programa de Ciências, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH₂), mostra um cenário brasileiro favorável a produção de hidrogênio, devido a suas fontes renováveis, priorizando o seu desenvolvimento por reforma de etanol, Gaseificação de biomassa, e eletrólise da água utilizando fontes renováveis de geração de eletricidade

A produção por reforma do etanol, encontra-se ainda em processo de desenvolvimento pré-industrial, sendo necessário avanços nas pesquisas de catalizadores, desenvolvimentos de reatores, processos de purificação e entre outras tecnologias.

O processo pelos derivados de biomassa, como glicerol e bio-óleos, permite o aproveitamento de subprodutos com baixo valor agregado para a produção de fontes de hidrogênio, mas encontra-se ainda em fase de estudos devidos muitos gargalos tecnológicos encontrados para a produção.

Já a eletrólise da água, vem apresentando grande destaque em países que tem um potencial de renovável em energia elétrica como no Brasil, sendo já apresentado no cenário mundial, um processo bastante utilizado no exterior.

No Brasil já se encontram em fase de desenvolvimentos projetos apoiados por empresas estrangeiras, a implantação de usinas de produção de Hidrogênio através da eletrolise, são os casos das usinas do Porto de Pecém no estado do Ceará,, onde a empresa ENEGIX Energy, estima a criação da maior usina de H₂ verde do mundo, com uma produção de 600 mil toneladas por ano a partir de 3,4 GW de potência de projetos eólicos e solares combinados; e do projeto com o porto de Açu no rio de Janeiro, onde encontra-se um projeto com a empresa Fortescue Future Industries (FFI, na sigla em inglês), para estudar da viabilidade da instalação de uma planta de hidrogênio verde de 300 megawatts (MW) no local.

Outro incentivo a produção de Hidrogênio verde, as Câmaras de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha de São Paulo e do Rio de Janeiro (AHK) lançaram a Aliança Brasil-Alemanha para o Hidrogênio Verde, buscando empresas interessadas no fornecimento desse tipo de energia para a Alemanha, sendo esses tipos de parcerias, parte da política do Gás desenvolvido pelo Governo Alemão para a redução de sua utilização de combustíveis geradores de CO₂ até 2050.

5.4.1 A UTILIZAÇÃO NACIONAL

Enquanto a tendência internacional para a utilização do hidrogênio verde é em sistemas de células a combustível portáteis, para aparelhos eletrônicos de pequeno porte como computadores portáteis, telefones celulares e aparelhos de GPS, além de sistemas de cogeração de eletricidade e calor e no desenvolvimento de células a combustível para aplicações veiculares.

No Brasil, segundo (CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos 2020), não estão sendo planejado a aplicação da produção de H₂ verde em células a combustível para aplicações portáteis, devendo as aplicações se destinarem principalmente a estacionárias de pequeno porte beneficiando principalmente a fontes alternativas de energias de micro hidrelétricas, painéis fotovoltaicos e geradores eólicos, empregando o hidrogênio como meio armazenador; na utilização como fonte para aplicação veicular, o estudo aponta o uso principalmente no emprego no transporte coletivo rodoviário de passageiros

6 CONCLUSÃO

O hidrogênio verde, produzido através das fontes não poluentes, vem sendo apresentado por diversos países como sendo uma alternativa para a descarbonização e o cumprimento das metas de acordos internacionais firmados por diversos países no mundo. Apesar dos diversos fatores que dificultam sua produção, custo de produção, transporte, armazenamento. Ele ainda apresenta ser uma fonte de energia a ser explorada e utilizada para a descarbonização das fontes energéticas existente na atualidade.

No cenário mundial, o Brasil, por ser um país que já utilizam fontes renováveis de energia, apresenta-se como sendo uma potência para o desenvolvimento dessa nova tecnologia energética sustentável, tanto para o uso interno (pequenas centrais de energias, e transporte de passageiros), como para exportação, onde país como Alemanha, já procuram fornecedores brasileiros.

Nesse sentido ampliar o estudo sobre o hidrogênio verde, vem a ser de grande importância tanto para o ambiente acadêmico como para a economia nacional, por possibilitar o desenvolvimento de novas tecnologia no mercado.

7 REFERÊNCIAS

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos . *Hidrogênio energético no Brasil*. Relatório ESTRATÉGICO, Brasília- DF: CGEE, 2020.

Governo Federal. *Fontes de energia renováveis representam 83% da matriz elétrica brasileira*. Gov.br. 21 de 01 de 2020. www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2020/01/fontes-de-energia-renovaveis-representam-83-da-matriz-eletrica-brasileira (acesso em 04 de 07 de 2021).

Operador Nacional do Sistemas Elerticos - ONS. *Boletim Mensal de Geração Eólica*. ONS, 2020.

UOL. *UOL - Economia*. 28 de 11 de 2018. <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2018/11/28/bp-energia-renovavel-brasil-dobrar.htm?cmpid=copiaecola&cmpid=copiaecola> (acesso em 2021 de 07 de 21).

GUIMARÃES, Solange. China se prepara para assumir a liderança mundial. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbes-MONEY/2021/06/china-se-prepara-para-assumir-a-lideranca-mundial/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BADRA, Mateus. China inicia construção da maior usina de hidrogênio movida a energia solar do mundo. 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/china-inicia-construcao-da-maior-usina-de-hidrogenio-movida-a-energia-solar-do-mundo/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

DORANTE, Adriana. Produção de hidrogênio verde está na mira de seis países. 2021. Disponível em: <https://infosolar.com/tecnologia/outras-fontes/producao-de-hidrogenio-verde-esta-na-mira-de-seis-paises>. Acesso em: 10 jul. 2021.

CORREIA, Rafael. O futuro do hidrogénio verde em Portugal. 2021. Disponível em: <https://www.revistasustentavel.pt/descarbonizacao/o-futuro-do-hidrogenio-verde-em-portugal/>. Acesso em: 10 jul. 2021.

AFP. Chile busca acelerar produção de hidrogênio verde. 2020. Disponível em: https://www.em.com.br/app/noticia/internacional/2020/07/27/interna_internacional,1170647/chil-e-busca-acelerar-producao-de-hidrogenio-verde.shtml. Acesso em: 10 jul. 2021.

SMINK, Veronica. Hidrogênio verde: os 6 países que lideram a produção do 'combustível do futuro'. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-56604972>. Acesso em: 10 jul. 2021

DA SILVA, Inara Amoroso. Hidrogênio: Combustível do Futuro. *Ensaio e Ciência: C. Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 20, n. 2, p. 122-126, 2016.

SILVA, Rayssa Guimarães; DO CARMO, Marlon José. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA PROPOSTA PARA MELHORIA DA GESTÃO ENERGÉTICA. *InterSciencePlace*, v. 12, n. 2, 2017.

IBERDROLA. O hidrogênio verde: uma alternativa para reduzir as emissões e cuidar do nosso planeta.202. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/hidrogenio-verde>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FURLAN, André Luís. Análise técnica e econômica do uso do hidrogênio como meio armazenador de energia elétrica proveniente de fontes eólicas. Campinas, SP, 2012.

