

A REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO

H₂



**QUAIS OS IMPACTOS NA
HUMANIDADE?**



AUTORES

MATHEUS ALFREDO GARLET TZI

BRENO GARBELINI CAVALCANTI

JOÃO PEDRO DE CARLI

LUCAS GUSSONI VELLOSA

JOÃO VICTOR PALLEROSI MASTRODI

ANDRÉ LONGATI COELHO

ÍNDICE

MAPA DAS ENERGIAS

04-05

REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO: POR QUE?

06

**REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: PROBLEMAS
AMBIENTAIS E A TRANSIÇÃO
ENERGÉTICA**

07

HIDROGÊNIO NO DIA A DIA

08

TIPOS DE HIDROGÊNIO

09

**OS BENEFÍCIOS DO HIDROGÊNIO À
SOCIEDADE E AO MEIO AMBIENTE**

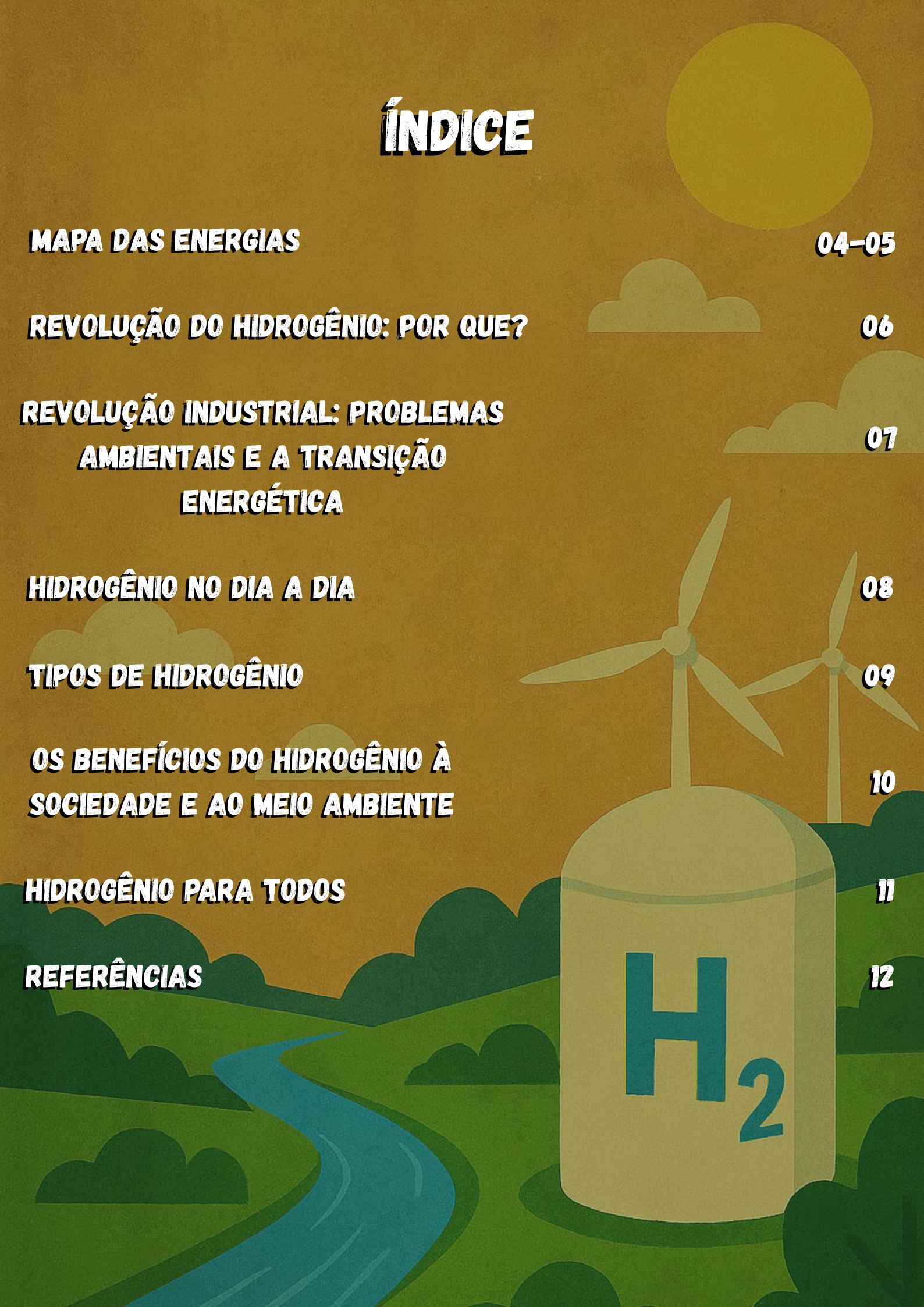
10

HIDROGÊNIO PARA TODOS

11

REFERÊNCIAS

12





**MAIOR USO DO CARVÃO MINERAL
SÉCULO XIX**

**PRIMEIRA HIDRELÉTRICA
(1882)**



PRIMEIRA TURBINA EÓLICA
(1888)

PRIMEIRA PLACA SOLAR
(1883)

PRIMEIRA USINA DE HIDROGÊNIO VERDE
(1990)

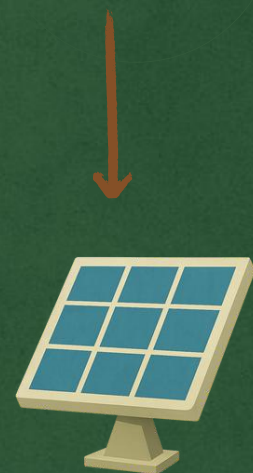
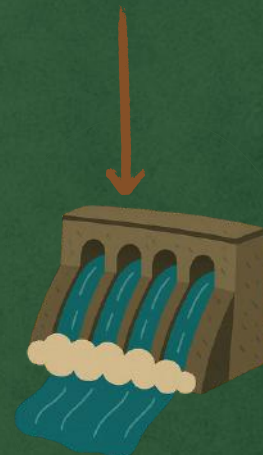
REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO: POR QUE?



HISTÓRIA:

DESDE O INÍCIO DA HISTÓRIA DA HUMANIDADE ATÉ OS DIAS ATUAIS, UMA COISA SEMPRE ESTEVE NO COTIDIANO DOS HUMANOS: A ENERGIA. PRESENTE NA FORÇA DOS SERES HUMANOS, NA TRAÇÃO ANIMAL COMO UM PREDECESSOR DAS MÁQUINAS, E NO MOVIMENTO DAS ÁGUAS, ESSENCIAL PARA O FUNCIONAMENTO DOS ALGUNS TIPOS DE MOINHOS. A ENERGIA POSSIBILITOU OBJETIVOS QUE ANTES ERAM QUASE IMPOSSÍVEIS, COMO A EXPLORAÇÃO DE VÁRIAS MATÉRIAS-PRIMAS, A CRIAÇÃO DE MEIOS DE TRANSPORTES RÁPIDOS E A MELHORA DA QUALIDADE DE VIDA. COM O AVANÇO DAS TECNOLOGIAS E COM O AUMENTO POPULACIONAL, FOI NECESSÁRIO CADA VEZ MAIS ENERGIA PARA SUPRIR O NOSSO CONSUMO. INICIALMENTE, A LENHA E A MADEIRA ERAM SUFICIENTES PARA ABASTECER NECESSIDADES DO MUNDO, DEPOIS VEIO O CARVÃO MINERAL, O PETRÓLEO, AMBAS SENDO ENERGIAS NOCIVAS AO MEIO AMBIENTE, A GRAVIDADE E A ÁGUA, POR MEIO DAS HIDRELÉTRICAS, OS ÁTOMOS, PELA ENERGIA NUCLEAR, OS BIOCOMBUSTÍVEIS E, POR ÚLTIMO, A LUZ E O VENTO.

DESDE O INÍCIO, FOI PERCEPTÍVEL QUE HOVE UMA EVOLUÇÃO E DIFERENCIAÇÃO DE CADA FONTE ENERGÉTICA, O AUMENTO DA EFICIÊNCIA E DA PRODUÇÃO ENERGÉTICA, MAS AINDA NÃO É O SUFICIENTE PARA SUPRIR A FOME POR ENERGIA QUE O MUNDO POSSUI.



E O HIDROGÊNIO?

ENTÃO, ENTRA EM CENA O HIDROGÊNIO. UMA MOLÉCULA TÃO SIMPLES É A RESPOSTA DESSA FOME MUNDIAL POR ENERGIA E QUE SOLUCIONA O PROBLEMA QUE OUTRAS FORMAS DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA POSSUEM. A QUEBRA DA MOLÉCULA DE HIDROGÊNIO PRODUZ UMA QUANTIDADE DE ENERGIA SIGNIFICATIVA E NECESSÁRIA PARA A CONTINUAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DA HUMANIDADE, ALÉM DE SER EXTREMAMENTE PRESENTE NO AMBIENTE, POR MEIO DE OUTROS COMPOSTOS QUE POSSUEM HIDROGÊNIO EM SUA COMPOSIÇÃO, COMO A ÁGUA, E É EXTREMAMENTE EFICIENTE NA PRODUÇÃO ENERGÉTICA. ENTÃO, PODE-SE DIZER QUE O HIDROGÊNIO É UMA FONTE DE ENERGIA DO FUTURO E SUA DESCOBERTA FOI UMA REVOLUÇÃO.



VOCÊ SABIA?



UMA MANEIRA DE PRODUZIR ENERGIA, QUE, SE POSSÍVEL, IRÁ REVOLUCIONAR A PRODUÇÃO ENERGÉTICA, É A FUSÃO NUCLEAR, QUE É A JUNÇÃO DE ELEMENTOS LEVES PARA PRODUZIR ENERGIA E ELEMENTOS MAIS PESADOS. ISSO OCORRE NATURALMENTE NAS ESTRELAS E O ELEMENTO UTILIZADO NORMALMENTE É O HIDROGÊNIO.

REVOLUÇÃO INDUSTRIAL: PROBLEMAS AMBIENTAIS E A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA



AGORA O PROBLEMA É OUTRO...

TENDO EM MENTE TODAS AS MUDANÇAS PELAS QUAIS OS MÉTODOS DE OBTENÇÃO DE ENERGIA UTILIZADOS PELOS SERES HUMANOS PASSARAM AO LONGO DA HISTÓRIA, É IMPORTANTE ENTENDER QUE ESSAS MODIFICAÇÕES, QUE ANTES OCORRIAM EM RAZÃO DA NECESSIDADE DE EVOLUÇÃO E ERAM FORTEMENTE IMPULSIONADAS POR DIVERSAS DESCOBERTAS TECNOLÓGICAS, AGORA SE CONCENTRAM PRINCIPALMENTE EM UMA NECESSIDADE: A DE EVITAR QUE O SER HUMANO DESTRUA O ÚNICO PLANETA QUE TEM. UM PROBLEMA CAUSADO PELAS DEVASTADORAS CONSEQUÊNCIAS AMBIENTAIS DA PRÓPRIA EVOLUÇÃO, TANTO ENERGÉTICA QUANTO TECNOLÓGICA, OCORRIDA AO LONGO DO TEMPO.

MAS E AÍ?

É ENTÃO NESSE CONTEXTO DE CONSTANTE EVOLUÇÃO QUE OS PROBLEMAS AMBIENTAIS COMEÇARAM A APARECER E TOMAR PROPORÇÕES CADA VEZ MAIS CATASTRÓFICAS, DE TAL MANEIRA QUE ESSE PROCESSO DE LATENTE DESTRUÇÃO TORNOU-SE, EM CERTA PARTE, UM CAMINHO SEM VOLTA. É ENTÃO A PARTIR DESSE MOMENTO QUE SE INICIA O PROCESSO DE TRANSIÇÃO ENERGÉTICA, OU SEJA, PASSOU-SE A HAVER PREOCUPAÇÃO COM RELAÇÃO EM COMO SE OBTÉM A ENERGIA QUE O SER HUMANO UTILIZA E COMO ISSO IMPACTA O MEIO AMBIENTE. É NESSE SENTIDO ENTÃO QUE OS MÉTODOS DE OBTER ENERGIA DE MANEIRA RENOVÁVEL E, MAIS IMPORTANTE AINDA, SUSTENTÁVEL COMEÇARAM A SER AINDA MAIS VISADOS. SENDO ASSIM, ENERGIA ADVINDA DE USINAS EÓLICAS, ADVINDAS DE LUZ SOLAR E, CLARAMENTE, VINDAS DO HIDROGÊNIO TORNARAM-SE MUITO INTERESSANTES E VISADAS.

EM SÍNTESE, CABE DIZER QUE AS MUDANÇAS OCORRIDAS NAS FONTES ENERGÉTICAS VIERAM PARA FICAR E ESSAS AFETAM CADA VEZ MAIS A VIDA DE TODOS QUE DE ALGUMA MANEIRA NECESSITAM DESSA ENERGIA. PORTANTO, AS FONTES ENERGÉTICAS RENOVÁVEIS ENVOLVEM-SE MUITO MAIS DO QUE APENAS NA MANEIRA COMO SEU CELULAR, CARRO OU TELEVISÃO FUNCIONAM, MAS COMO SUA VIDA PODE SER FACILITADA E, ATÉ MESMO, MELHORADA.



VOCÊ SABIA?



EM 2023 CERCA DE 93% DE TODA MATRIZ ELÉTRICA PRODUZIDA NO BRASIL VEIO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS, ISSO DEMONSTRA O QUANTO A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA TORNOU-SE UMA BASE E UMA PREOCUPAÇÃO NA PRODUÇÃO DE ENERGIA NO BRASIL.



O HIDROGÊNIO NO DIA A DIA

O HIDROGÊNIO REESCREVE REGRAS, O QUE ERA ANTES RESERVADO A REFINARIAS E LABORATÓRIOS, AGORA COMEÇA A EXPANDIR SUA ÁREA DE ATUAÇÃO, ATINGINDO UMA VERSATILIDADE IMPRESSIONANTE. EXEMPLOS DESSA VERSATILIDADE É NA COZINHA, NO AQUECIMENTO, NA PRODUÇÃO DE VIDROS E EM PRODUÇÃO ENERGÉTICA.

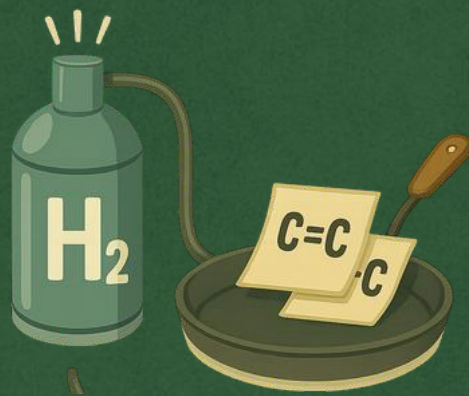
COMO ELE AGE NA COZINHA?

UM DOS RESPONSÁVEIS PELA TEXTURA CARACTERÍSTICA DA MARGARINA SE DEVE A HIDROGENAÇÃO, PROCESSO ESSE QUE INSERE HIDROGÊNIO EM ÓLEOS VEGETAIS AS SOLIDIFICANDO E ESTENDENDO PRAZOS DE VALIDADE. OUTRO BENEFÍCIO DESSE MESMO PROCESSO É A ELIMINAÇÃO DE GORDURAS TRANS NOCIVAS EM UM GRANDE NÚMERO DE PRODUTOS. TAMBÉM AJUDANDO A TER MENOS DESPERDÍCIO DE BISCOITOS E SNACKS.



AVÁ QUE O HIDROGÊNIO PRODUZ ENERGIA...

PRODUÇÃO ENERGÉTICA: NO CORAÇÃO DA AMAZÔNIA OU EM ESTAÇÕES DE PESQUISA NA ANTÁRTIDA, CÉLULAS DE COMBUSTÍVEL PORTÁTEIS ESTÃO SUBSTITUINDO GERADORES A DIESEL. ESSES GERADORES UTILIZAM GÁS HIDROGÊNIO PARA PRODUZIR ENERGIA ELÉTRICA DE FORMA EFICIENTE, SILENCIOSA E PORTÁTIL. GARANTINDO ENERGIA CONSTANTE PARA TODA E QUALQUER NECESSIDADE.



O HIDROGÊNIO FAZ ATÉ VIDRO?

AS CHAMADAS CHAMAS INVISÍVEIS JÁ PODEM SER ENCONTRADAS EM FABRICAS BRITÂNICAS DA GIGANTE MULTINACIONAL PILKINGTON. SÃO CHAMADAS DESSE JEITO POIS QUANDO A CONCENTRAÇÃO DE GÁS HIDROGÊNIO NO COMBUSTÍVEL PASSA DE 70%, AS CHAMAS SE TORNAM INVISÍVEIS. MESMO IMPOSSÍVEIS DE VER, SÃO IGUALMENTE QUENTES, FUNDINDO O VIDRO COM SEMELHANTE EFICIÊNCIA, MAS COM UMA EMISSÃO RELATIVAMENTE MENOR DE GASES ESTUFA.



TIPOS DE HIDROGÊNIO

QUAIS SÃO E PARA QUE SERVEM?



INTRODUÇÃO AO CONCEITO

ANTES DE ENTENDERMOS MELHOR O QUE SÃO OS TAIS “TIPOS DE HIDROGÊNIO”, É IMPORTANTE ENTENDER O QUE É O “ESPECTRO DE CORES DO HIDROGÊNIO”. INDUSTRIALMENTE, O HIDROGÊNIO RECEBE UM TIPO DE CÓDIGO DE CORES O QUAL REVELA MUITO SOBRE COMO ELE É UTILIZADO NOS MEIOS DE PRODUÇÃO. DESSA MANEIRA, IREMOS ENTENDER UM POUCO SOBRE AS MAIS IMPORTANTES E UTILIZADAS CORES DESSE GRANDE “ESPECTRO”.

HIDROGÊNIO VERDE

O HIDROGÊNIO VERDE NADA MAIS É DO QUE O HIDROGÊNIO ADVINDO DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS E LIVRES DE EMISSÃO DE CARBONO. DESSA MANEIRA, QUANDO ESTE TIPO DE HIDROGÊNIO É REFERENCIADO, TRATA-SE DA MOLÉCULA A QUAL FOI OBTIDA A PARTIR DE REAÇÕES ELETROQUÍMICAS QUE SEPARAM AS MOLÉCULAS DE HIDROGÊNIO DA ÁGUA. ENTRETANTO, AINDA QUE SEJA O MEIO MAIS SUSTENTÁVEL DE OBTER O HIDROGÊNIO, É TAMBÉM O MEIO MENOS UTILIZADO, VISTO QUE É MUITO CARO TORNANDO DIFÍCIL A REPRODUÇÃO DESSE PROCESSO EM GRANDES ESCALAS E DE FORMA FÁCIL.



HIDROGÊNIO AZUL

O HIDROGÊNIO AZUL POR SUA VEZ, É O HIDROGÊNIO ADVINDO DE PROCESSOS FEITOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DO GÁS NATURAL, DE TAL MANEIRA E QUE, DIFERENTEMENTE DO HIDROGÊNIO VERDE, OCORRE PRODUÇÃO NÃO SOMENTE DE HIDROGÊNIO EM SI, MAS TAMBÉM DE RESÍDUO DE CARBONO. ENTRETANTO, NESSE SENTIDO CABE DIZER QUE ESTE MÉTODO DE PRODUÇÃO NÃO NECESSARIAMENTE É O PIOR, VISTO QUE AINDA QUE HAJA A OCORRÊNCIA DE PRODUÇÃO DE CARBONO, NESTE TIPO DE PROCESSO O RESIDUAL ALÉM DO HIDROGÊNIO É TODO CAPTURADO E ARMAZENADO, NÃO SENDO SIMPLEMENTE DESCARTADO DE MANEIRA INDEVIDA.



HIDROGÊNIO CINZA

POR ÚLTIMO, O HIDROGÊNIO CINZA UTILIZA O MESMO MÉTODO DE OBTENÇÃO DO HIDROGÊNIO AZUL, ENTRETANTO COM UMA DIFERENÇA MUITO IMPORTANTE, NESSE TIPO DE PRODUÇÃO DO GÁS O RESIDUAL DE CARBONO GERADO A PARTIR DOS PROCESSOS FEITO COM O GÁS NATURAL E METANO ACABAM NÃO SENDO CAPTURADOS, SENDO ASSIM, A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO CINZA ACABA SENDO BEM MAIS PREJUDICIAL AO MEIO AMBIENTE QUANDO COMPARADO COM O HIDROGÊNIO AZUL E VERDE, POR EXEMPLO.



OS BENEFÍCIOS DO HIDROGÊNIO À SOCIEDADE E AO MEIO AMBIENTE

DISCUSSÃO

MUITO SE DEBATE SOBRE A NECESSIDADE DA TROCA DAS FONTES ENERGÉTICAS POR FONTES RENOVÁVEIS, E, NESSE CONTEXTO, O HIDROGÊNIO VERDE APARECE COMO POSSÍVEL SOLUÇÃO. MAS AFINAL, QUAIS SÃO OS BENEFÍCIOS DESSA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA?

PARA RESPONDER ESSA PERGUNTA, EXISTEM TÓPICOS A SEREM DEFINIDOS PARA QUE HAJA A ANÁLISE DA VIABILIDADE DO HIDROGÊNIO VERDE, SENDO ELES: IMPACTOS AMBIENTAIS, IMPACTOS ECONÔMICOS, CUSTO E FLEXIBILIDADE DE APLICAÇÃO.

ASSIM, TORNA-SE VIÁVEL A COMPARAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE COM OUTRAS FONTES ENERGÉTICAS REFERENTES A SUA SUSTENTABILIDADE REFERENTES A CADA TÓPICO. DESSA FORMA, DESTACAM-SE OS SEGUINTE BENEFÍCIOS DA OBTENÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE:

BENEFÍCIOS LIGADOS AO MEIO AMBIENTE



REDUÇÃO DA EMISSÃO DE CO₂: COMO O HIDROGÊNIO É OBTIDO ATRAVÉS DA HIDRÓLISE DA ÁGUA, ELIMINA-SE A NECESSIDADE DA QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS, FAZENDO COM QUE HAJA MENORES EMISSÕES DE GÁS CARBÔNICO.

MELHORIA DA QUALIDADE DO AR: O HIDROGÊNIO VERDE, AO SER QUEIMADO PARA A OBTENÇÃO DE ENERGIA, LIBERA APENAS VAPOR DE ÁGUA E CALOR, ABOLINDO A NECESSIDADE DE EMISSÃO DE GASES TÓXICOS AO MEIO AMBIENTE.

INDEPENDE DE FONTES FINITAS: AO CONTRÁRIO DE OUTRAS FONTES COMO PETRÓLEO E CARVÃO, O HIDROGÊNIO VERDE CONFIGURA UMA FONTE DE ENERGIA RENOVÁVEL, POSSIBILITANDO A CIRCULARIDADE DA ECONOMIA.

BENEFÍCIOS SOCIAIS E ECONÔMICOS:



DIVERSIFICAÇÃO E SEGURANÇA ENERGÉTICA: A INCORPORAÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE À MATRIZ ENERGÉTICA REDUZ A DEPENDÊNCIA DE COMBUSTÍVEIS IMPORTADOS E PROMOVE UMA MAIOR DEMOCRATIZAÇÃO SOBRE AS FONTES DE ENERGIA.

GERAÇÃO DE EMPREGOS E INOVAÇÃO: O DESENVOLVIMENTO DE CADEIAS PRODUTIVAS DE ELETRÓLISE, TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DE HIDROGÊNIO ESTIMULA A INDÚSTRIA NACIONAL, FOMENTA A PESQUISA TECNOLÓGICA E CRIA VAGAS DE ALTA QUALIFICAÇÃO

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA RENOVÁVEL: O HIDROGÊNIO FUNCIONA COMO “BATERIA QUÍMICA”, CAPTURANDO EXCEDENTES DE GERAÇÃO SOLAR OU EÓLICA E DISPONIBILIZANDO ENERGIA EM MOMENTOS DE MAIOR DEMANDA.

BENEFÍCIOS DE SUA FLEXIBILIDADE:



SETORES DE DIFÍCIL ELETRIFICAÇÃO: SETORES QUE SE UTILIZAM DE MATRIZES ENERGÉTICAS LIGADAS À QUEIMA DE COMBUSTÍVEIS, QUE TÊM DIFICULDADE EM TRANSICIONAR PARA O USO DE ENERGIA ELÉTRICA COMO INDÚSTRIAS PESADAS, TRANSPORTE MARÍTIMO E AVIAÇÃO PODEM SUBSTITUIR COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS POR HIDROGÊNIO SEM GRANDES ALTERAÇÕES NOS PROCESSOS, PROMOVENDO PROFUNDA DESCARBONIZAÇÃO.



HIDROGÊNIO PARA TODOS

TODOS VÃO TER ACESSO À GRANDE REVOLUÇÃO?

A REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO, POR VEZES, É ABORDADA COM UMA VISÃO POSITIVA NO MEIO CIENTÍFICO E ECONÔMICO. ENTRETANTO, AO ATENTAR-SE AO MEIO SOCIAL É EVIDENTE O PROCESSO DE ALIENAÇÃO POPULACIONAL CAUSADO PELO DESCONHECIMENTO SOBRE O QUE É A REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE COMO UM TODO.

NESSE SENTIDO, A HIPERVALORIZAÇÃO DO PROCESSO EM FONTES MIDIÁTICAS ACABA POR ALIMENTAR EXPECTATIVAS UTÓPICAS SOBRE A REVOLUÇÃO EM SI, ASSIM, SENDO OCULTADO DIFICULDADES TÉCNICAS APRESENTADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO. ISTO, ATRELA-SE A SUPERVALORIZAÇÃO ECONÔMICA EXISTENTE, PRINCIPALMENTE, NOS PRODUTOS FINAIS GERADOS COM A REVOLUÇÃO, COMO POR EXEMPLO CARROS MOVIDOS À HIDROGÊNIO, O QUE ACARRETA NESTE PROCESSO DE ALIENAÇÃO E DISTANCIAMENTO DA POPULAÇÃO PARA COM A CIÊNCIA. ASSIM, O HIDROGÊNIO, POR UM LONGO TEMPO, ESTARÁ RESTRITO À ELITE.

QUAL A CONCLUSÃO?

POR FIM, NOTA-SE QUE MESMO QUE A REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO CORRESPONDA A UM AVANÇO CIENTÍFICO, AINDA ASSIM, NÃO É UM PROCESSO DE NOÇÃO DA POPULAÇÃO EM GERAL. POR ISSO, O PROCESSO PODE ACABAR POR SOFRER COM UMA REJEIÇÃO DEVIDO A ESSA ALIENAÇÃO E DESINFORMAÇÃO EXISTENTE SOBRE SEU DESENVOLVIMENTO E IMPACTOS NA SOCIEDADE.



QUAIS SÃO OS IMPECILHOS?

AO MESMO TEMPO, A DISCUSSÃO SOBRE A PRODUÇÃO E O USO DO HIDROGÊNIO AINDA ENFRENTA MUITOS DESAFIOS, ESPECIALMENTE PORQUE ESTÁ FORTEMENTE LIGADA A GRANDES INDÚSTRIAS COM AMPLO PODER DE INFLUÊNCIA. ESSAS EMPRESAS, MUITAS VEZES MOVIDAS POR INTERESSES ECONÔMICOS, ACABAM DIFICULTANDO O DEBATE ABERTO SOBRE O TEMA, PRINCIPALMENTE EM ESPAÇOS PÚBLICOS, O QUE TORNA A CONVERSA MAIS COMPLEXA E LIMITADA.

ALÉM DISSO, O PROTAGONISMO DO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS CONTINUA SENDO MUITO FORTE. ESSA PREDOMINÂNCIA ACABA OFUSCANDO O POTENCIAL DO HIDROGÊNIO COMO ALTERNATIVA ENERGÉTICA, JÁ QUE OS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS AINDA TÊM GRANDE IMPACTO NA ECONOMIA E DOMINAM A MATRIZ ENERGÉTICA DO PAÍS. PARA ALÉM DISSO, A GRANDE INFLUÊNCIA E DESTAQUE DADO AO MERCADO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS ACABA POR RELEGAR O HIDROGÊNIO COMO COMBUSTÍVEL DESTAQUE, VISTO QUE OS IMPACTOS ECONÔMICOS E A DOMINÂNCIA PERANTE A MATRIZ ENERGÉTICA DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS SÃO PRESENTES TANTO NO ÂMBITO NACIONAL QUANTO GLOBAL.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA SENADO. BRASIL TEM GRANDE POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VERDE, DIZEM ESPECIALISTAS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW12.SENADO.LEG.BR/NOTICIAS/MATERIAS/2023/05/17/BRASIL-TEM-GRANDE-POTENCIAL-DE-PRODUCAO-DE-HIDROGENIO-VERDE-DIZEM-ESPECIALISTAS](https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2023/05/17/brasil-tem-grande-potencial-de-producao-de-hidrogenio-verde-dizem-especialistas)>. ACESSO EM: 1 JUN. 2025.

BARROSO, A. ET AL. OBTENÇÃO DO HIDROGÊNIO VERDE A PARTIR DE ENERGIAS RENOVÁVEIS. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://CET.EDU.BR/FILES/PAGES/95/ARTIGO.PDF](https://cet.edu.br/files/pages/95/artigo.pdf)>. ACESSO EM: 1 JUN. 2025.

CARREGOSA, LAIS. ENERGIA LIMPA: BRASIL BATE RECORDE COM 93% DA ENERGIA GERADA EM 2023 VINDO DE FONTES RENOVÁVEIS, DIZ CCEE. GLOBO. 2 JAN, 2024. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://G1.GLOBO.COM/ECONOMIA/NOTICIA/2024/02/02/ENERGIA-LIMPA-BRASIL-BATE-RECORDE-COM-93PERCENT-DA-ENERGIA-GERADA-EM-2023-VINDO-DE-FONTES-RENOVAVEIS-DIZ-CCEE.GHTML](https://g1.globo.com/economia/noticia/2024/02/02/energia-limpa-brasil-bate-recorde-com-93percent-da-energia-gerada-em-2023-vindo-de-fontes-renovaveis-diz-ccee.ghtml)>. ACESSO EM: 11 JUL. 2025

KHAN ACADEMY. EVOLUÇÃO DO USO DA ENERGIA AO LONGO DA HISTÓRIA. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://PT.KHANACADEMY.ORG/SCIENCE/7-ANO/DESENVOLVIMENTO-TECNOLOGICO/AS-MAQUINAS-TERMICAS/A/EVOLUCAO-DO-USO-DA-ENERGIA-AO-LONGO-DA-HISTORIA](https://pt.khanacademy.org/science/7-ano/deenvolvimento-tecnologico/as-maquinas-termicas/a/evolucao-do-uso-da-energia-ao-longo-da-historia)>. ACESSO EM: 11 JUL. 2025.

YAP, JIAZHEN; MCLELLAN, BENJAMIN. A HISTORICAL ANALYSIS OF HYDROGEN ECONOMY RESEARCH, DEVELOPMENT, AND EXPECTATIONS, 1972 TO 2020. ENVIRONMENTS, BASEL, V.10, N.1, P.11, 6 JAN. 2023. DOI: 10.3390/ENVIRONMENTS10010011 LARA, D. M. DE; RICHTER, M. F. HIDROGÊNIO VERDE: A FONTE DE ENERGIA DO FUTURO. NOVOS CADERNOS NAEA, V. 26, N. 1, 2023.

THE HYDROGEN COLOUR SPECTRUM, 2023. DISPONÍVEL EM: <[HTTPS://WWW.NATIONALGRID.COM/STORIES/ENERGY-EXPLAINED/HYDROGEN-COLOUR-SPECTRUM](https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/hydrogen-colour-spectrum)>. ACESSO EM: 12 JUL. 2025.

SITE INSTITUCIONAL (PILKINGTON):

PILKINGTON. MEIO AMBIENTE. PILKINGTON BRASIL, S.D. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.PILKINGTON.COM/PT-BR/BR/ABOUT-US/MEIO-AMBIENTE](https://www.pilkington.com/pt-br/br/about-us/meio-ambiente). ACESSO EM: 13 JUL. 2025.

ARTIGO DE PERIÓDICO ONLINE:

TROTTER, GREG. ENERGY: USING HYDROGEN FOR GLASS. THE CHEMICAL ENGINEER, 14 ABR. 2022. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.THECHEMICALENGINEER.COM/FEATURES/ENERGY-USING-HYDROGEN-FOR-GLASS/](https://www.thechemicalengineer.com/features/energy-using-hydrogen-for-glass/). ACESSO EM: 13 JUL. 2025.

SITE INFORMATIVO (ALL USES OF):

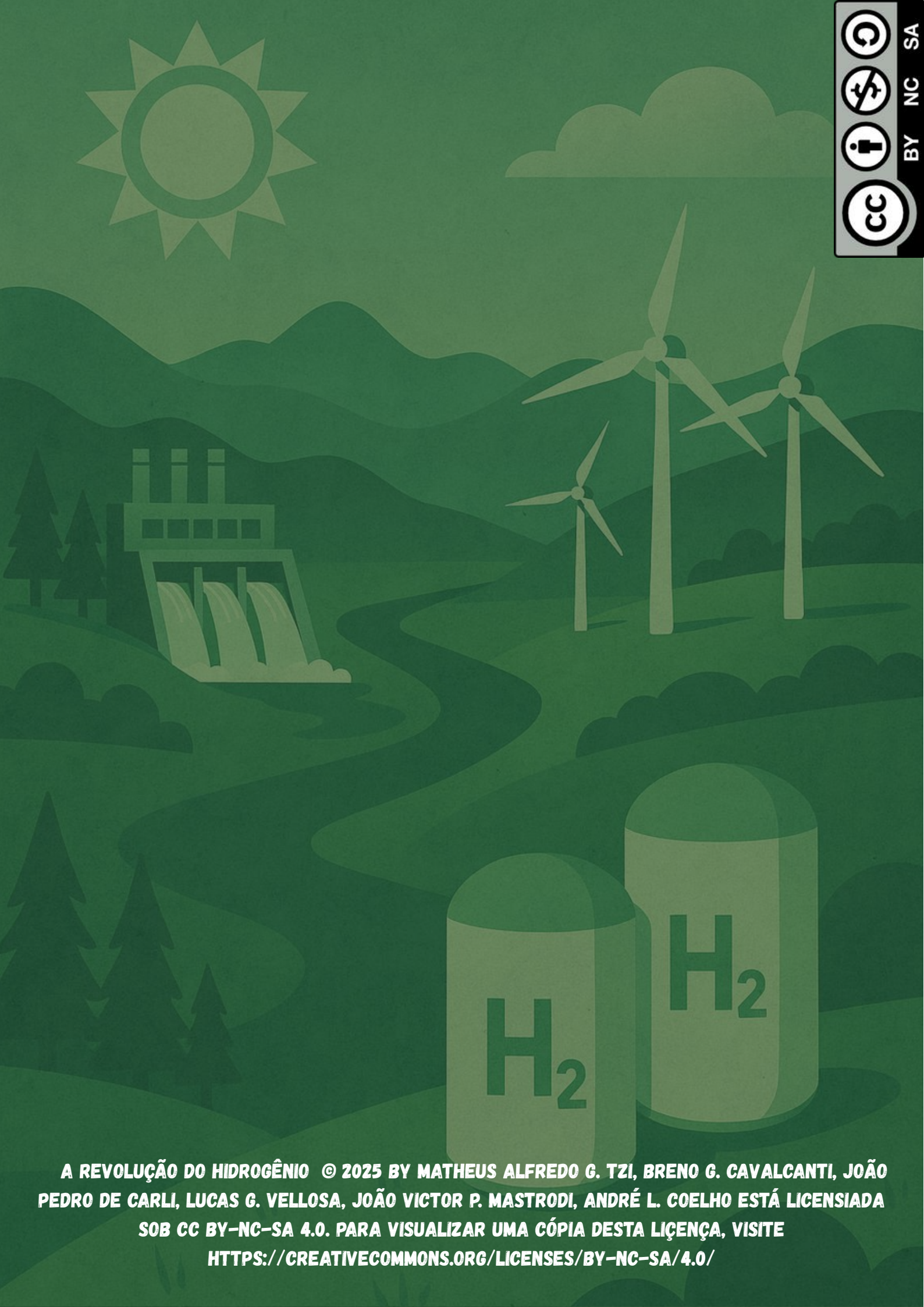
ALL USES OF. 10 COMMON USES OF HYDROGEN. S.D. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://ALLUSESOF.COM/ELEMENTS/10-COMMON-USES-OF-HYDROGEN/](https://allusesof.com/elements/10-common-uses-of-hydrogen/). ACESSO EM: 13 JUL. 2025.

SITE ESPECIALIZADO (ENERGY TRACKER ASIA):

ENERGY TRACKER ASIA. HYDROGEN USES IN EVERYDAY LIFE. 27 OUT. 2023. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://ENERGYTRACKER.ASIA/HYDROGEN-USES-IN-EVERYDAY-LIFE/](https://energytracker.asia/hydrogen-uses-in-everyday-life/). ACESSO EM: 13 JUL. 2025.

SITE TÉCNICO (THE HYDROGEN):

THE HYDROGEN. PRACTICAL USES OF HYDROGEN: A COMPREHENSIVE LIST. S.D. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://THEHYDROGEN.ENERGY/FOUNDATIONS/PRACTICAL-USES-OF-HYDROGEN-A-COMPREHENSIVE-LIST/](https://thehydrogen.energy/foundations/practical-uses-of-hydrogen-a-comprehensive-list/). ACESSO EM: 13 JUL. 2025.



A REVOLUÇÃO DO HIDROGÊNIO © 2025 BY MATHEUS ALFREDO G. TZI, BRENO G. CAVALCANTI, JOÃO PEDRO DE CARLI, LUCAS G. VELLOSA, JOÃO VICTOR P. MASTRODI, ANDRÉ L. COELHO ESTÁ LICENCIADA SOB CC BY-NC-SA 4.0. PARA VISUALIZAR UMA CÓPIA DESTA LICENÇA, VISITE [HTTPS://CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-NC-SA/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)