

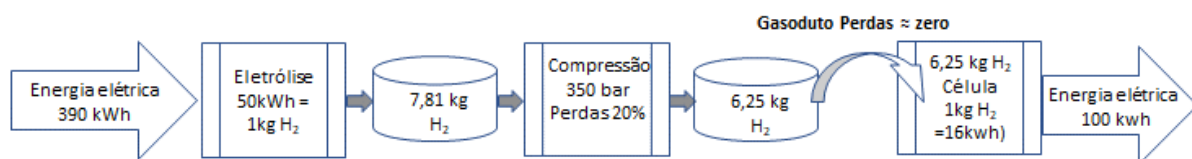
## A Febre do Hidrogênio Verde no Brasil

Edson Szyszka, José da Costa Carvalho Neto, Jayme Buarque de Hollanda e Pietro Erber.

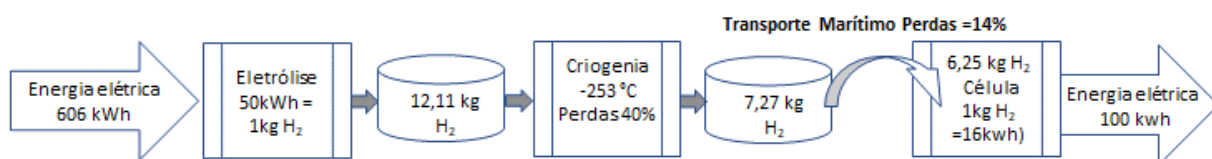
Em 2020 os Líderes da União Europeia (UE) aprovaram o documento “European Green Deal”, definindo a meta de tornar a UE, até 2050, o primeiro continente neutro em relação ao clima. Para alcançar esse objetivo, optou pela substituição de suas fontes não renováveis pelo uso do hidrogênio (H<sub>2</sub>) obtido de fontes renováveis, o “H<sub>2</sub> Verde”. Ocorre que o H<sub>2</sub> tem de ser extraído da água ou de hidrocarbonetos por processos que utilizam muita energia, os quais podem ser considerados ineficientes sob o ponto de vista energético, sendo, portanto, necessário avaliar se essa opção também é aplicável a outros países com condições climáticas e matrizes energéticas totalmente diferentes, tal como o Brasil, seja no que diz respeito à produção para seu uso próprio ou à sua competitividade para exportação.

A obtenção de H<sub>2</sub> Verde pelo processo de eletrólise da água, empregando energia elétrica gerada a partir de fontes renováveis, tem vários aspectos a serem considerados, e o primeiro é o custo da energia, já que 80% do custo de produção advém do consumo de energia elétrica, o que causa um paradoxo econômico: ao mesmo tempo que seria necessário um preço de energia elétrica extremamente baixo para viabilizar o uso do H<sub>2</sub> Verde, também seria necessário um valor de mercado de energia elétrica suficientemente atrativo para viabilizar em larga escala a construção de novas plantas de energias renováveis para a sua produção.

Quanto à função de Vetor Energético, o envio de H<sub>2</sub> por gasodutos é uma opção excelente para transporte de grandes blocos de energia, por ser um gás combustível de elevado poder calorífico. O custo de transmissão de energia a longa distância por meio de gasoduto do H<sub>2</sub> em MWh/km, é apenas 1/10 do custo da mesma quantidade de energia transportada por Linhas de Transmissão de Energia Elétrica, e somente 20% superior ao custo de transmissão por Gás Natural, que possui um poder calorífico por volume maior (*Global trade of hydrogen: What is the best way to transfer hydrogen over long distances? Oxford Institute for Energy Studies -set/2022*). Conclui-se que a produção de H<sub>2</sub> Verde deve ser priorizada em locais próximos ao ponto de consumo ou onde gasodutos possam ser construídos diretamente até o mercado consumidor, e para a UE, isso implica em privilegiar a produção em regiões próximas do continente europeu. Nas Figuras 1 e 2, abaixo, são mostradas as perdas energéticas típicas da cadeia de produção e transporte de H<sub>2</sub> Verde por eletrólise utilizando gasodutos (Figura 1), e transporte marítimo (Figura 2). Observa-se que o processo criogênico necessário para liquefazer o H<sub>2</sub> Verde para mantê-lo a temperatura de -252°C para fins de armazenamento e transporte de longa distância, acrescenta perdas elevadas ao transporte por navio.



**Figura 1** – Perdas típicas por transporte via gasoduto pressurizado à 350 bar (perda ≈ zero). São necessários 390kWh de energia para se obter 100kWh no uso final (**390kWh >> 100kWh**).



**Figura 2** – Perdas típicas por transporte marítimo para uma distância de 10.000km (*Universidade Hamad Bin Khalifa, revista Energy Reports- novembro de 2020*). São necessários 606kWh de energia para se obter 100kWh no uso final. Neste caso há perdas adicionais de 40% na liquefação e 14% do H<sub>2</sub> do total transportado por ano é perdido por evaporação (**606kWh >> 100kWh**).

Sobre as vantagens do transporte do H<sub>2</sub> por gasodutos, o relatório estratégico “REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition” de 18/5/2022 da European Commission, estabelece como meta para 2030 a operação de três grandes corredores para importações de hidrogênio por gasodutos para a UE, sendo o primeiro ligando o continente Africano através do Mediterrâneo, o segundo dos parques eólicos offshore do Mar do Norte, e eventualmente um terceiro da Ucrânia (para facilitar sua integração a UE). Há uma significativa vantagem econômica do transporte do H<sub>2</sub> Verde diretamente ao consumidor final por gasoduto, e esta vantagem aumenta ainda mais se forem somadas às perdas energéticas por evaporação do H<sub>2</sub> no transporte marítimo, os investimentos para a construção de Plantas para liquefação e os custos operacionais de todo este processo. O relatório da “Masdar – Mubadala Company” (*Africa Primed to Become Global Green Hydrogen Leader, de nov2022*) prevê que a África, por seu alto potencial de Energia Renovável, pode responder por até 10% da demanda global por hidrogênio verde até 2050 e, no caso específico da UE, a África poderia exportar H<sub>2</sub> Verde para a UE com um custo menor do que a produção no continente europeu. Já um estudo da “Agora Energiewende” (*12 Insights on Hydrogen-2021*), um dos principais centros de pesquisa de política energética e climática da Europa, estima que mesmo com as reduções de custos de transporte marítimo no futuro, ainda seria mais barato produzir H<sub>2</sub> Verde na UE com suas fontes renováveis de baixa eficiência, do que importar por navio de lugares com custos de produção menores, mas que estejam a mais de 7000km (caso do Brasil).

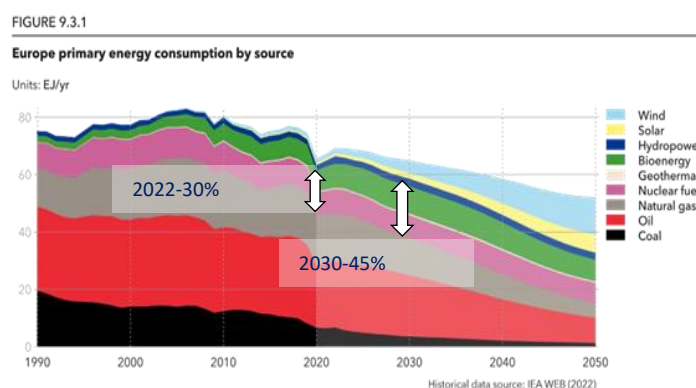
O principal motivo apresentado pelo relatório da *European Green Deal* para a opção pelo H<sub>2</sub> Verde como vetor energético, foi a necessidade de substituição dos sistemas atuais de aquecimento a gás ou carvão da Europa. O relatório mostra que é economicamente inviável atender esta necessidade somente através da ampliação da geração elétrica por Energia Renovável na Europa, e pela expansão do Sistema Elétrico Europeu. Era preciso principalmente encontrar um substituto com alta capacidade energética de uma fonte não intermitente, e o H<sub>2</sub> atenderia à essa necessidade. Ocorre, porém, que as alternativas para a produção do H<sub>2</sub> Verde no próprio continente Europeu esbarram em muitas limitações, primeiro porque a produção de energia por novas fontes renováveis na UE, além do baixo rendimento, tem sérias restrições quanto ao uso de novas áreas. No início de 2022 surgiu um motivo geopolítico ainda mais determinante e urgente que a meta de redução de CO<sub>2</sub>, que foi a invasão da Ucrânia pela Rússia, o que alavancou os investimentos para a opção pelo H<sub>2</sub> Verde pela UE. Esse lamentável episódio mostrou o grande erro estratégico da dependência da Europa pelo Gás Natural vindo de um único produtor, acelerando de forma exponencial os esforços para o uso do H<sub>2</sub> Verde o mais rápido possível.

O espaço na economia para o uso do H<sub>2</sub> Verde também precisa ser avaliado com cuidado, e, novamente, caso a caso. Um exemplo constantemente utilizado mostra que mais de 70% da demanda atual no mundo por H<sub>2</sub> vem das Refinarias de Petróleo e das Indústrias de Fertilizantes (*IEA-Hydrogen-set2022*), e uma sugestão recorrente é que esses setores industriais poderiam substituir o H<sub>2</sub> “sujo” utilizado por H<sub>2</sub> Verde, oferecendo um imenso mercado para a produção imediata de hidrogênio limpo. Ocorre que essa solução dificilmente seria factível porque essas indústrias já produzem H<sub>2</sub> como parte dos seus processos termodinâmicos, e mudar completamente os seus equipamentos e sistemas de produção para comprar externamente H<sub>2</sub> Verde afetaria de forma brutal seus preços em um cenário de concorrência global. Para as Indústrias, de um modo geral, a descarbonização das emissões de gases através da adoção de tecnologias CCS (*Carbon Capture and Storage*) na produção de “H<sub>2</sub> azul”, como já vem sendo regulamentado pelos EUA, Canadá, Austrália e a Noruega, faz muito mais sentido econômico e até ambiental. O uso imediato de tecnologias CCS apresenta uma enorme vantagem econômica porque aproveitam as instalações já existentes nas plantas industriais, e têm um efeito mais imediato na redução de CO<sub>2</sub> que a compra de H<sub>2</sub> Verde. Entretanto, embora essa opção seja mais eficaz, encontra rejeição por críticos ambientalistas na Alemanha e em outros países da UE, pelo entendimento de que apoiar esta tecnologia é de certa forma subscrever o incentivo ao uso de combustíveis fósseis.

Para o hidrogênio limpo ganhar espaço imediato na economia global seria necessário partir de soluções políticas de valorização dos preços do Mercado dos Créditos de Carbono, porém há outras tecnologias limpas que competem neste mercado, e quase todas apresentam soluções mais baratas, ou mais simples, que o H<sub>2</sub> Verde.

No caso do Brasil é fundamental começar pela comparação entre a nossa Matriz Energética Primária com a dos outros países. A Matriz Energética Brasileira é composta atualmente de 46% de Energia Renovável (*EPE 2022, Matriz-Energética*) enquanto, por exemplo, A Matriz Energética Primária da Alemanha conta hoje com somente 18,3% de Energia Renovável (*Data: AG Energiebilanzen 2022*), e, admitamos, isso é uma baita diferença!

A meta do consumo energético pela UE foi refeita recentemente de forma agressiva para alcançar 45% de Energia Renovável em 2030 (ver Figura 3). Uma proporção semelhante à que já temos hoje no Brasil, que é de 46% (*REPowerEU de 18/5/2022*).



**Figure 3** – DNV Transition Outlook 2022 pag 248 (*Evolution of primary energy on the energy transition in Europe*)

Quanto à produção de Energia Fotovoltaica, o Atlas de Energia Solar, INPE-MCTI, mostra que no Brasil a diferença da irradiação solar média entre as regiões varia de 5.483Wh/m<sup>2</sup> no Nordeste, 5.082Wh/m<sup>2</sup> no Centro Oeste e 4.951Wh/m<sup>2</sup> no Sudeste. Essas médias são o dobro ou o triplo da irradiação solar média dos países Europeus, onde esses valores variam de 1.500 Wh/m<sup>2</sup> à 2.500 Wh/m<sup>2</sup>. Portanto, é possível instalar plantas de geração fotovoltaica em praticamente qualquer região do país e, se for o caso, produzir H<sub>2</sub> Verde próximo do consumidor. Além disso, o SIN - Sistema Interligado Nacional, interliga o território brasileiro de Norte a Sul e de Leste a Oeste, facilitando a expansão da geração de Energia Renovável Intermitente Solar ou Eólica. Essa expansão é possível devido à confiabilidade garantida pela grande parcela de geração hidroelétrica do SIN, atualmente complementada por usinas a Gás Natural de rápida atuação. No entanto, com a notável expansão prevista para os próximos anos, tanto da geração solar quanto da eólica, o SIN poderá encontrar dificuldades para regularizar a intermitência sem comprometer a qualidade e economicidade da oferta de energia.

Outra diferença que temos em relação a UE, é que somos autossuficientes em petróleo, e temos a possibilidade de nos tornarmos autossuficientes em Gás Natural, se expandirmos nossa infraestrutura de gasodutos. Este cenário, possibilita o planejamento da expansão da nossa Matriz Energética com maior flexibilidade, em contraste com o problema de desabastecimento enfrentado atualmente pela UE.

Como demonstrado, o Brasil atende a muitas metas de uso de energias renováveis que a maioria dos países só alcançará em algumas décadas, e isso significa que dispomos de muitas alternativas de uso de tecnologias limpas para a redução de CO<sub>2</sub> na atmosfera que apresentam soluções mais baratas, ou mais simples, que a oferecida pelo H<sub>2</sub> Verde. Na área de transportes, por exemplo, conectar um automóvel elétrico cujas baterias sejam carregadas pela rede elétrica realmente faz sentido ecológico por ser a Matriz Elétrica Brasileira composta por 83% de Energia Renovável (Figura 4), sendo uma das mais limpas do mundo. Já na maioria dos

países, a energia obtida pelas baterias na rede elétrica é gerada a partir de fontes poluentes, como o carvão, ou gás natural, com alta emissão de CO<sub>2</sub>, do que são exemplos a China, Estados Unidos, Rússia, Índia, e da Própria UE, transformando o carro elétrico em uma solução não ecológica, e em algumas regiões, até mais poluente que um automóvel à gasolina.

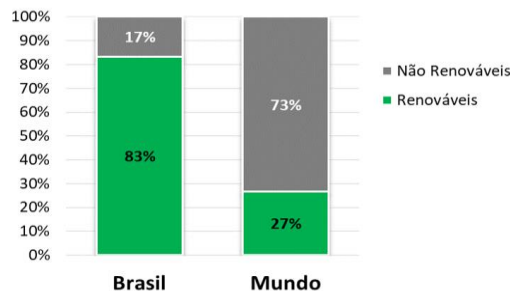


Figura 4 – Matriz Elétrica Brasileira (EPE - BEN,2022)

Outra alternativa que merece ser pesquisada para a realidade Brasileira é a adoção de tecnologias CCS para redução de emissão de gases nocivos pela captura de CO<sub>2</sub>, visto que a expansão das Usinas a Gás Natural de Rápido Despacho (ou Usinas Térmicas Flexíveis), ainda são utilizadas complementarmente na expansão das nossas fontes renováveis.

O uso do Etanol de forma mais eficiente também merece atenção especial, por ser uma opção factível de Energia Renovável já integrada ao nosso Sistema Energético. Com recursos do BNDES, uma montadora desenvolveu um motor a etanol com eficiência energética 30% superior à dos motores *flex* atuais, que poderia competir com os motores a diesel. Caminhões híbrido-elétricos com esse tipo de motor podem ser uma opção de curto prazo muito mais realista e eficaz para a rápida redução de CO<sub>2</sub> no Brasil na área de transportes de carga de longo percurso, que o uso futuro (sabe-se lá quando e a que custo) de caminhões movidos por células de H<sub>2</sub> Verde. A curto prazo, há também a opção do uso desse motor eficiente a etanol puro em automóveis, pois milhões de motoristas que atualmente usam apenas etanol, possuem veículos com motor flex cujo projeto é mais adequado para o uso de gasolina.

Com realidades tão diferentes, parece óbvio afirmar que as proposições para redução de emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa indicadas para a UE não sejam exatamente as mais eficazes para serem aplicadas atualmente no Brasil, mas esta afirmação não significa que não deva haver pesquisas específicas para o uso do H<sub>2</sub> Verde em certos nichos de mercado no país, assim como é necessário o desenvolvimento de tecnologias eficazes de produção de combustíveis líquidos derivados do H<sub>2</sub> Verde, já que o transporte por navio do H<sub>2</sub> liquefeito produzido no Brasil dificilmente se tornará uma opção viável no futuro.

A opção pelo H<sub>2</sub> Verde pela União Europeia foi impulsionada principalmente pelo grave problema do risco de desabastecimento de Gás Natural, além, é claro, das muitas restrições citadas anteriormente para a expansão de Produção de Energia Renovável na Europa, um cenário muito diferente do nosso. Por outro lado, é inegável a nossa vocação por uso de energia renovável. Atualmente, além do nosso potencial hídrico, temos 18GW de potência instalada em Energia Solar (Canal Energia, ago-2022), e 21GW em Energia Eólica (Energia Hoje jan/2022), e esses valores posicionam o Brasil entre os principais players globais do segmento, com forte vocação para exercer um papel importante como exportador de produtos derivados do H<sub>2</sub> Verde.

Concluimos alertando que, embora haja necessidade da continuidade de estudos e pesquisas nas áreas de produção, transporte, e utilização do H<sub>2</sub> Verde no Brasil, deve-se evitar, que essa “febre do H<sub>2</sub> Verde”, concentre os nossos esforços para a tomada de decisões estratégicas na área energética somente neste tópico, obscurecendo proposições de tecnologias sustentáveis e de redução de CO<sub>2</sub> muito mais baratas, mais simples, mais eficazes, e de aplicação imediata para a realidade Brasileira.