



ELETRIZANTE



**Novas Rotas: Explorando o
Potencial do Hidrogênio**



Hybrid Fórmula

Redatora: Julia Duarte

Mobilidade Híbrida - Edição 01

SUMÁRIO

Transformação energética	06
Potencial energético	08
Corrida pelo hidrogênio verde	10
Veículos movidos a hidrogênio	16
SAE Brasil & Ballard Student H2 Challenge	20
Convidados	22



Membros

LUIZA GOULART

JULIA DUARTE

NATALIA QUEIROZ

ANA CLARA

PEDRO PIMENTA

MATEUS MAZZEO

VICTOR CANAVESI

LUIZA PENHA

VINICIUS HEBERT

FREDERICO GUIMARÃES

Coordenadores

HENRIQUE SILVEIRA

FÁBIO JESUS



Somos uma equipe fundada em 2018 com o intuito de projetar um carro de fórmula elétrico para competição FSAE.

Nessa jornada, tivemos a oportunidade de desenvolver nossos conhecimentos de engenharia nas etapas de projeto e manufatura, mas além disso, nos desenvolvemos enquanto pessoas nos capacitando para cargos de liderança, gerenciamento de tarefas, organização do tempo, divisão de atividades e trabalho em equipe.

O ambiente de fórmula exige de nós a criação de soluções rápidas e eficazes para diferentes problemas e imprevistos, principalmente quando estamos sob pressão durante a competição, dessa forma preparamos grandes profissionais para o mercado.

Em 2023 decidimos abraçar um novo desafio e lidar com tecnologia de ponta no desenvolvimento de um carro movido a hidrogênio, afinal, a admiração pela ciência e a vontade de fazer a diferença é o que nos move.

Somos estudantes, projetistas, soldadores, por vezes sonhadores e entusiastas com vivências diversas, mas unidos em uma só paixão: HYBRID

Inspirados pelo espírito de disseminação de conhecimento da SAE, decidimos criar essa revista para os entusiastas da área que, assim como nós, se encantam pelo desenvolvimento de novas tecnologias.



CONHEÇA NOSSA EQUIPE



TRANSFORMAÇÃO ENERGÉTICA



O hidrogênio se apresenta como um novo protagonista da revolução energética global. Sua ascensão promete redefinir o cenário mundial, abrindo caminho para um futuro com menos emissões e um mundo mais sustentável.



O mundo está em plena transformação energética, uma mudança sem precedentes em sua escala e impacto. Energias renováveis, em conjunto com a eficiência energética, impulsionam uma revolução que vai muito além da simples substituição de combustíveis. É uma mudança de sistema, com profundas consequências políticas, tecnológicas, ambientais e econômicas.

E neste novo cenário, o hidrogênio aparece como um elemento crucial, uma peça fundamental para impulsionar essa revolução e construir um futuro com emissões zero.

O hidrogênio, por muito tempo colocado em um papel secundário, está finalmente ganhando o centro do palco. O mundo reconhece seu potencial e a corrida por essa nova energia já começou. Diversos países estão desenvolvendo seus próprios planos e estratégias para a produção e utilização do hidrogênio.



A COP26, em Glasgow, em 2021, foi um marco nesta jornada: 32 países e a União Europeia se comprometeram a trabalhar juntos para acelerar o desenvolvimento e a implementação de tecnologias de hidrogênio "limpo", com o objetivo ambicioso de tornar o hidrogênio renovável e de baixo carbono disponível globalmente até 2030.

Mas o que faz essa nova onda de entusiasmo pelo hidrogênio diferente das anteriores, que não tiveram grande impacto? A resposta está em dois fatores cruciais:

A Urgência do Clima: A meta de emissões zero até a metade do século, assumida por diversos países, impõe um desafio urgente. O hidrogênio, com seu potencial de descarbonizar setores de difícil abrangência, como a indústria pesada e o transporte de longa distância, se apresenta como uma solução crucial.

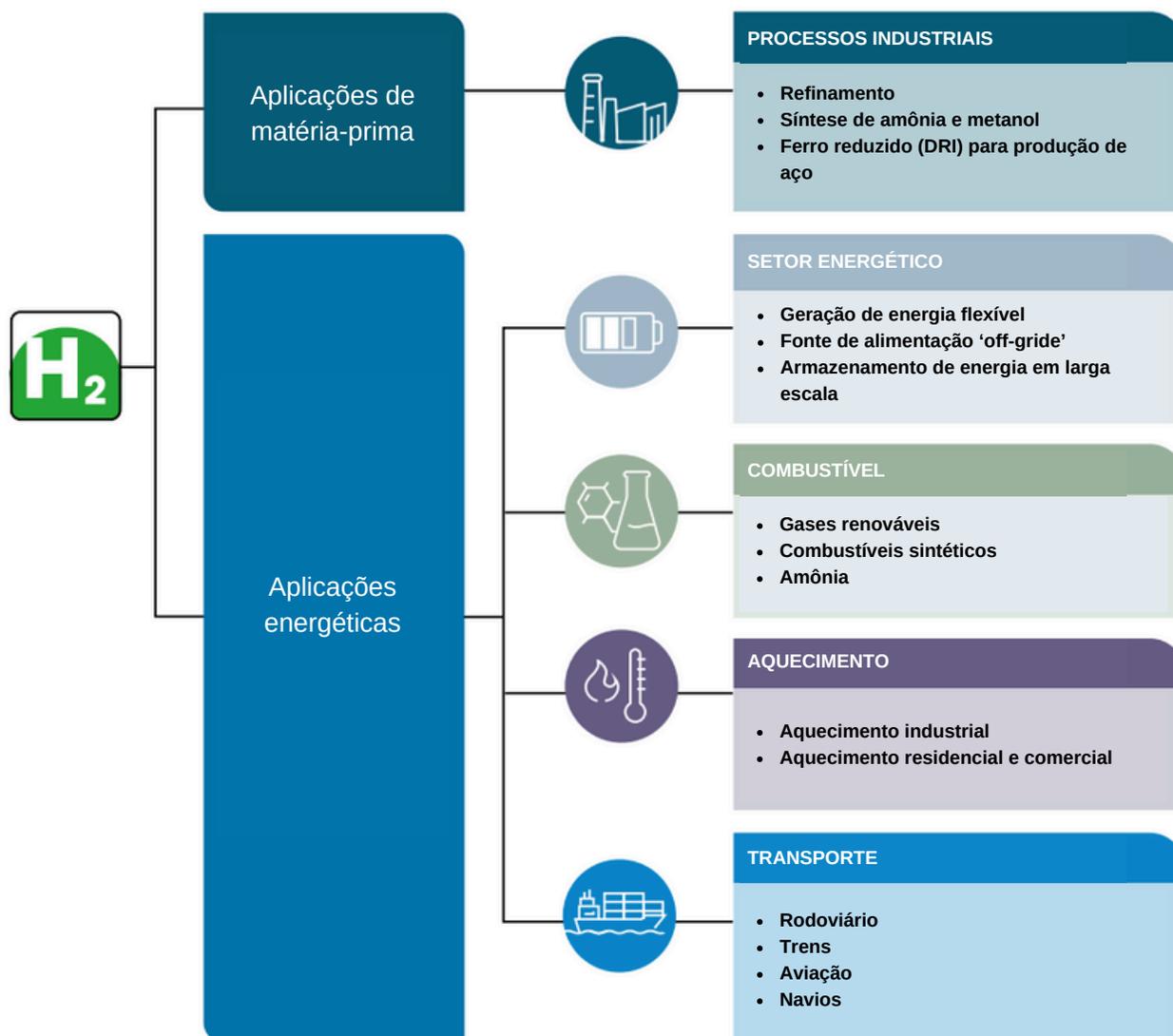
A Eficiência Econômica: A queda nos custos de energia renovável e de tecnologias como a eletrólise - que transforma água em hidrogênio - torna o hidrogênio "verde" cada vez mais atrativo economicamente. O hidrogênio verde, alimentado por energia solar e eólica, é também essencial para a flexibilidade e o armazenamento de energia, complementando a revolução das energias renováveis.

Com esses fatores impulsionando, as projeções indicam que o hidrogênio e os combustíveis à base de hidrogênio podem representar uma parcela significativa da demanda global de energia em 2050. A produção de hidrogênio "cinza" - baseado em combustíveis fósseis - será eliminada gradualmente, dando lugar ao hidrogênio verde, complementado pelo hidrogênio "azul", que utiliza combustíveis fósseis com captura e armazenamento de carbono.

POTENCIAL ENERGÉTICO

O hidrogênio, o elemento mais abundante do universo, está se tornando uma peça fundamental na busca por um futuro energético mais limpo e sustentável. Para liberar sua energia e torná-la utilizável, o hidrogênio precisa ser "convertido" através de diferentes processos, como a eletrólise da água usando energia renovável (hidrogênio verde), a produção a partir de combustíveis fósseis com captura e armazenamento de carbono (hidrogênio azul), ou a produção tradicional a partir de combustíveis fósseis (hidrogênio cinza).

O hidrogênio pode ser armazenado sob alta pressão, em forma líquida ou convertido em outros compostos como amônia, para facilitar seu transporte. Sua energia pode ser liberada através da combustão direta ou por meio de células de combustível, que geram eletricidade, calor e água como único subproduto. O hidrogênio pode ser utilizado em diversos setores, desde a indústria pesada até o transporte pessoal, tornando-se uma solução promissora para descarbonizar setores que ainda dependem de combustíveis fósseis, como a produção de aço, a produção de fertilizantes e o transporte de longa distância.



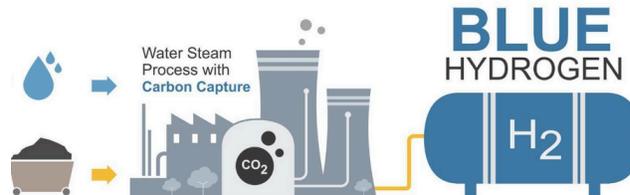
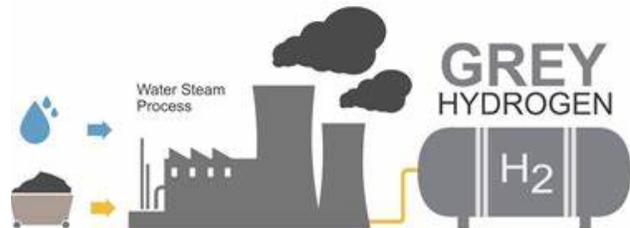


Para entender o impacto do hidrogênio verde no cenário global, é preciso compreender as diferentes categorias de hidrogênio:

Hidrogênio Cinza: A maior parte do hidrogênio produzido atualmente é o "cinza", obtido através do processo de reforma a vapor de gás natural. Este método libera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, contribuindo para o efeito estufa.

Hidrogênio Azul: O hidrogênio "azul" é produzido a partir de combustíveis fósseis (como o gás natural), mas com o uso de tecnologias de captura e armazenamento de carbono (CCS). O CO₂ é capturado e armazenado em formações geológicas, reduzindo significativamente as emissões.

Hidrogênio Verde: Ele é produzido através da eletrólise da água, utilizando energia solar ou eólica para separar os átomos de hidrogênio e oxigênio da água. Este processo não gera emissões de gases de efeito estufa, tornando-o a opção mais limpa e sustentável.





Quem dominará o futuro da energia limpa? A corrida pelo hidrogênio verde está apenas começando.

A corrida global pelo hidrogênio é uma disputa acirrada, não apenas pela sua produção e consumo. A grande disputa agora é pela liderança tecnológica, definindo quem dominará a produção de equipamentos, normas e o desenvolvimento da cadeia de valor do hidrogênio.

A competição é acirrada, com diversos países e empresas investindo em pesquisa, desenvolvimento e inovação. A Alemanha, por exemplo, já se destaca nesse cenário. Outro país que se destaca na corrida é o Japão. O país asiático tem uma longa história de investimento em tecnologias de células de combustível e foi o primeiro a lançar uma estratégia nacional de hidrogênio em 2017.

O Brasil, com sua rica matriz energética renovável e experiência em produção de etanol, também está se posicionando nesse mercado. Embora ainda em fase inicial, o país possui grande potencial para se tornar um importante produtor e exportador de hidrogênio verde.

A China também está apostando nesse mercado. O país asiático, já líder em produção de painéis solares e turbinas eólicas, tem demonstrado grande interesse em dominar a produção de equipamentos para o mercado de hidrogênio, como os eletrolisadores. A China, no entanto, precisa superar o desafio de desenvolver tecnologias e processos mais eficientes e sustentáveis para a produção do hidrogênio.

A capacidade de um país se tornar um líder tecnológico em hidrogênio verde depende de uma série de fatores cruciais:

Abundância de Recursos Renováveis: Países com grande potencial de energia solar, eólica ou hídrica, como o Chile, a Austrália e a Namíbia, desfrutam de uma vantagem natural para a produção de hidrogênio verde a baixo custo.

Investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação: A corrida tecnológica exige investimentos robustos para o aprimoramento de tecnologias de produção, armazenamento, transporte e utilização do hidrogênio verde.

Infraestrutura: A criação de uma cadeia de valor eficiente para o hidrogênio exige investimentos em infraestrutura de produção, armazenamento e transporte, incluindo pipelines, portos especializados e estações de reabastecimento.

Mão de Obra Qualificada: O desenvolvimento de uma indústria do hidrogênio verde demanda profissionais especializados em áreas como engenharia, ciência de dados e gestão de projetos. A criação de programas de treinamento e capacitação é fundamental para atender à demanda por essa mão de obra.

Política de Incentivos: O desenvolvimento de políticas públicas que incentivem investimentos, promovam a pesquisa e desburocratizem o processo de implementação de projetos são essenciais para atrair empresas e investimentos para o setor.

Esta corrida está apenas começando, e o futuro desse mercado ainda é incerto. Países com estratégias claras, investimentos robustos em P&D+I e políticas de incentivos eficazes estarão em uma posição privilegiada para se tornarem líderes nesse novo cenário energético, abrindo caminho para um futuro mais sustentável.



O combustível do futuro, segundo o plano japonês.

O Japão, um dos líderes globais em tecnologia de células de combustível, está em uma corrida acelerada para construir uma “sociedade do hidrogênio” até 2050, com foco em reduzir as emissões de carbono e alcançar a independência energética. O plano prevê investimentos massivos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias para produção, armazenamento e transporte de hidrogênio, incluindo a maior instalação de eletrólise de água do mundo em Fukushima. O foco está na construção de "modelos de implementação social" para o hidrogênio, incluindo produção, transporte e uso final do combustível em diversos setores. O Japão está investindo em otimizar a produção, o armazenamento e o transporte de hidrogênio para reduzir custos e garantir competitividade. O país pretende utilizar o hidrogênio em diversos setores, incluindo transporte de passageiros e cargas, indústria, produção de energia (estações de geração de energia que utilizam hidrogênio como combustível), e residências (instalação de células de combustível em casas).

Japão estabelece plano de de ter 200.000 veículos movidos a célula a combustível e 320 postos de abastecimento nas ruas até 2025,



O Japão planeja gastar 3 trilhões de ienes (US\$ 20,3 bilhões) nos próximos 15 anos para subsidiar a produção de hidrogênio mais limpo, com o objetivo de impulsionar a cooperação com o setor privado para desenvolver uma cadeia de abastecimento nacional para a fonte de energia.

Além disso, o Japão está investindo em projetos para a produção de eletrolisadores de alta capacidade, pesquisas para desenvolver novos materiais para o hidrogênio, testes em grande escala de navios que transportam hidrogênio, pesquisa e desenvolvimento de células de combustível e turbinas a gás que utilizam hidrogênio como combustível. O plano japonês também reconhece a importância de um ambiente regulatório e de incentivos que favoreçam o desenvolvimento da indústria do hidrogênio. O Japão está liderando uma verdadeira revolução na área de energia, com foco em criar uma sociedade baseada no hidrogênio. A construção dessa sociedade exigirá investimentos massivos, inovação tecnológica e uma forte colaboração entre o governo, a indústria e a academia.

CHILE ACELERA PARA UM FUTURO VERDE COM O HIDROGÊNIO

O Chile está se posicionando como líder global no uso de hidrogênio verde, com um ambicioso Plano de Ação que visa a produção de 5 milhões de toneladas de hidrogênio verde por ano até 2040. O país busca se tornar um hub de exportação, aproveitando seus recursos naturais abundantes e energia renovável para produzir hidrogênio verde a baixo custo. Para alcançar essa meta, o plano prevê investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e a criação de um marco regulatório atrativo para investimentos.

“Nossa estratégia contempla o desenvolvimento desse combustível em diferentes etapas. Na primeira, buscamos que o hidrogênio produzido seja utilizado por nossas indústrias-chave, de forma que elas possam diminuir sua pegada de carbono e ganhar competitividade”, diz o ministro de Minas e Energia do Chile, Juan Carlos Jobet em entrevista à epbr.

Chile traça uma meta ambiciosa: produzir o hidrogênio verde mais barato do mundo em dez anos, afirma o ministro de Minas e Energia do Chile, Juan Carlos Jobet

Atualmente, o Chile é o maior produtor global de lítio e de cobre, minerais essenciais para a produção de baterias, cada vez mais importantes num cenário de transição energética — não apenas para a mobilidade, mas também para suporte à geração de energia renovável e intermitente.

O setor de mineração responde por 16% do PIB chileno e mais da metade das exportações do país.



“A mineração está migrando para processos de produção mais limpos e verdes, que agregam valor e a tornam mais competitiva. Nesse contexto, a incorporação do hidrogênio verde na mineração em substituição aos combustíveis fósseis é uma grande oportunidade para continuar avançando em direção a uma mineração mais sustentável”, afirma Jobet.

Há também dois projetos que estudam produzir hidrogênio verde e criar uma estação de reabastecimento de hidrogênio para os ônibus que transportam os trabalhadores para as minas, desde 2022. Além disso, Jobet anunciou recentemente um plano para que o aeroporto de Santiago seja o primeiro da América Latina a permitir o uso de aviões movidos a hidrogênio verde, tanto para transporte de passageiros quanto de carga.



Chile inaugura sua primeira usina de produção de hidrogênio verde
Projeto envolveu um investimento de US\$ 15 milhões em sua primeira fase



O Brasil está se posicionando como um gigante verde na corrida global pelo hidrogênio, com um plano estratégico para impulsionar a economia do hidrogênio de baixa emissão de carbono e fortalecer sua liderança na transição energética. Em 2023, o Ministério de Minas e Energia (MME) deu um passo decisivo, com a publicação do Plano de Trabalho Trienal 2023-2025 do Programa Nacional do Hidrogênio (PNH2).

O HIDROGÊNIO VERDE É A CHAVE PARA O BRASIL SE TORNAR UM PAÍS LÍDER EM ENERGIA LIMPA.

O plano traça metas ousadas para o Brasil: o objetivo é disseminar plantas piloto de produção de hidrogênio de baixa emissão de carbono em todas as regiões do país, alavancando o desenvolvimento da tecnologia e criando um ecossistema de produção e consumo. Até 2030, o objetivo é consolidar o Brasil como o mais competitivo produtor mundial, impulsionado pela sua vasta capacidade de gerar energia renovável e seus custos competitivos de produção. E, até 2035, o objetivo é a consolidação de hubs de hidrogênio de baixa emissão de carbono, transformando o Brasil em um centro de excelência para essa nova fonte de energia. O MME estima que o Brasil tem potencial técnico para produzir 1,8 gigatonelada de hidrogênio por ano a um custo competitivo.



Programa Nacional do Hidrogênio

Para alcançar esses objetivos, o plano define três ações prioritárias:

Marco Legal: O Brasil está trabalhando na criação de um marco legal específico para o setor de hidrogênio. Esse marco legal incluiria um sistema de certificação do hidrogênio, alinhado com padrões internacionais, para garantir a qualidade e a rastreabilidade do combustível. Esse sistema de certificação seria reconhecido internacionalmente, garantindo a confiança do mercado global no hidrogênio brasileiro. O Brasil já assinou a "Declaração para Reconhecimento Mútuo de Esquemas de Certificação" na COP 28, demonstrando seu compromisso com a criação de um mercado global de hidrogênio confiável.

Investimentos em P&D: O PNH2 prevê um aumento de sete vezes no investimento em pesquisa e desenvolvimento para o hidrogênio até 2025. A ANEEL abriu consulta pública para P&D estratégico em hidrogênio. Além disso, foram abertos cinco editais do programa Mais Inovação Brasil, com investimentos de R\$ 20,8 bilhões para projetos de inovação na área de transição energética, incluindo hidrogênio de baixa emissão de carbono. O foco em P&D permitirá ao Brasil desenvolver tecnologias próprias para a produção, armazenamento e transporte de hidrogênio, impulsionando a competitividade e a independência tecnológica do país.

Financiamento: O MME, em parceria com o Ministério da Fazenda, está buscando financiamento internacional para projetos de hidrogênio. Um plano de investimentos para o Fundo de Investimento Climático foi aprovado em junho de 2023, com US\$ 35 milhões destinados ao desenvolvimento do hub de hidrogênio do Pecém, no Ceará. O BNDES também firmou uma parceria com o Banco Mundial para desenvolver mecanismos de financiamento em toda a cadeia de valor do hidrogênio de baixo carbono. O Brasil também assinou um acordo de cooperação com o governo britânico para o desenvolvimento de hubs de hidrogênio no país. O acesso a financiamento será crucial para viabilizar projetos de grande escala, impulsionando o desenvolvimento da indústria do hidrogênio no Brasil.

O PNH2 é estruturado em seis eixos, abrangendo políticas públicas, tecnologias e mercado, reunindo representantes dos setores público, privado e acadêmico. O Brasil, com seus recursos naturais, expertise em energia renovável e uma indústria já estabelecida de biocombustíveis, se posiciona como um forte candidato a líder na produção de hidrogênio verde. O país possui uma grande rede de gasodutos que podem ser adaptados para o transporte de hidrogênio, além de um mercado interno promissor para o uso do combustível em diversos setores.

Veículos movidos a hidrogênio





O sonho de um futuro sem emissões de carbono está cada vez mais próximo e a tecnologia de carros movidos a hidrogênio emerge como uma das promessas mais vibrantes para a descarbonização do transporte.

Mas como esse tipo de veículo funciona? Quais os seus benefícios e desafios?

O Segredo da Energia Limpa:

O carro a hidrogênio é movido por uma pilha de células de combustível (FC) que transforma o hidrogênio armazenado em seu tanque em eletricidade, gerando apenas água como subproduto. Essa é a chave para o seu diferencial: zero emissões de CO₂.

Desvendando a Magia da Célula de Combustível:

A célula de combustível, o coração do veículo a hidrogênio, funciona como uma bateria, mas em vez de armazenar energia, ela a gera continuamente através de uma reação química entre o hidrogênio e o oxigênio do ar.

O hidrogênio é direcionado para o ânodo da célula, onde é dividido em prótons e elétrons. Os elétrons fluem por um circuito externo, gerando eletricidade que alimenta o motor, enquanto os prótons passam através de uma membrana eletrolítica e se recombinam com o oxigênio no cátodo, formando água.

Vantagens Econômicas e Ambientais:

Eficiência: A célula de combustível é extremamente eficiente na conversão de energia química em energia elétrica, com uma eficiência de conversão superior aos motores a combustão.

Custo de Operação: O custo por quilômetro percorrido pode ser menor do que o de veículos a gasolina, dependendo do preço do hidrogênio e da eficiência energética.



Zero Emissões: A água é o único subproduto da reação química na célula de combustível, resultando em zero emissões de gases de efeito estufa.

Autonomia: Carros a hidrogênio como o Mirai podem percorrer até 650 km com um único abastecimento, equivalente a um carro a gasolina.

Abastecimento Rápido: O tempo de abastecimento é similar ao de um carro a gasolina, levando apenas alguns minutos.

Desafios a Serem Enfrentados:

Custo de Produção: A produção de hidrogênio verde, o método mais sustentável que utiliza energia renovável para a eletrólise da água, ainda é relativamente cara.

Infraestrutura: A construção de uma rede de abastecimento de hidrogênio, com estações de reabastecimento e sistemas de produção e armazenamento, é crucial para o desenvolvimento dessa tecnologia, mas ainda está em seus estágios iniciais.

Tecnologia: A tecnologia de células de combustível, embora em evolução, ainda precisa de aprimoramentos para atingir custos menores e maior durabilidade.

O Futuro da Mobilidade a Hidrogênio:

A tecnologia dos carros a hidrogênio ainda está em desenvolvimento, mas mostra grande potencial para a descarbonização do transporte e a construção de um futuro mais sustentável. Apesar dos desafios, o compromisso com a pesquisa, o investimento em infraestrutura e a crescente busca por soluções limpas apontam para uma jornada promissora para a mobilidade a hidrogênio.

O Toyota Mirai, um carro movido a hidrogênio, não é apenas um veículo, mas um símbolo de um futuro mais verde. Lançado em 2014, ele representa um passo crucial na jornada da Toyota para a criação de uma sociedade baseada em energia de hidrogênio. Mas como esse carro funciona e quais as tecnologias inovadoras que o impulsionam?

O Mirai, cujo nome significa "futuro" em japonês, foi desenvolvido com foco em três pilares: sustentabilidade, performance e tecnologia de ponta. Ele é movido por uma célula de combustível (FC) que transforma hidrogênio em eletricidade, emitindo apenas água como subproduto. Isso significa zero emissões de CO₂, um grande passo na luta contra a poluição e o aquecimento global.

Mas para tornar o Mirai uma realidade, a Toyota teve que superar desafios importantes:

Um Sistema Inteligente: A equipe de engenharia da Toyota uniu forças com os sistemas híbridos da empresa para criar um sistema de propulsão que utilizasse a mesma tecnologia de seus veículos híbridos. Utilizando um conversor de energia (FDC) que converte a energia da célula de combustível para voltagem do sistema híbrido, permitindo a utilização de componentes já existentes, como o motor, o inversor e a bateria.

Ele demonstra que a sustentabilidade pode andar de mãos dadas com a performance e a tecnologia de ponta.



Com a promessa de desempenho e autonomia equivalentes aos carros a gasolina, o Mirai abre as portas para um futuro mais limpo, silencioso e eficiente.



Eficiência e Potência: O Mirai não se contenta em ser sustentável, ele precisa ser potente e eficiente. A Toyota inovou a estrutura dos canais de fluxo de ar na pilha de células de combustível, desenvolvendo uma estrutura tridimensional em forma de malha que aumenta a difusão de oxigênio para o catalisador. Isso resultou em um aumento de 2,4 vezes na densidade de corrente e na potência da célula de combustível, além de promover a evaporação da água, impedindo a obstrução dos canais de fluxo.

Um Tanque Revolucionário: A Toyota também reinventou o tanque de hidrogênio, utilizando fibras de carbono de alta qualidade e um processo de laminação inovador. A laminação em camadas concentrada no centro do tanque e a eliminação de uma das camadas de fibra de carbono possibilitaram redução de peso e um aumento de 20% na capacidade de armazenamento de hidrogênio. O tanque do Mirai consegue armazenar 5,7% de seu peso em hidrogênio, um dos melhores índices do mundo.

O Mirai representa um marco na evolução da tecnologia de carros movidos a hidrogênio.



Estudantes de engenharia do país estão assumindo o volante da inovação, participando do SAE Brasil & Ballard Student H2 Challenge

A corrida global pela descarbonização está em alta velocidade, e o Brasil não fica para trás. Em uma competição que coloca em prova a capacidade de projetar, construir e testar carros híbridos que combinem a energia do hidrogênio com baterias, impulsionando a tecnologia e preparando o terreno para um futuro mais verde.

O objetivo principal é preparar as futuras gerações de engenheiros para os desafios da mobilidade sustentável. A competição exige que os estudantes desenvolvam e aprimorem diversas tecnologias, desde a integração segura de tanques de hidrogênio e sistemas de armazenamento até a gestão inteligente da energia e a segurança do sistema elétrico.

A competição, que segue um regulamento rigoroso, estabelece padrões e regras para garantir a segurança dos estudantes e a viabilidade dos projetos. Cada detalhe, desde o tipo de tanque de hidrogênio, a instalação e o transporte, até o sistema de refrigeração da célula de combustível e a proteção contra sobrecargas e falhas, é cuidadosamente especificado. Os alunos também precisam se preocupar com o desenvolvimento de sistemas de controle e monitoramento, que garantem a segurança durante a operação, e com a criação de protocolos específicos para a instalação e remoção do tanque de hidrogênio, além de procedimentos para situações de emergência.





A importância da competição transcende a sala de aula, contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia de veículos a hidrogênio no Brasil. Os estudantes se deparam com desafios reais e aprendem a lidar com as complexidades de um sistema de energia ainda em desenvolvimento. A experiência prática permite que eles testem suas ideias, aperfeiçoem soluções, e se preparem para enfrentar os desafios de um futuro que exige soluções inovadoras e sustentáveis para a mobilidade.

O SAE Brasil & Ballard Student H2 Challenge é um passo fundamental na construção de um futuro mais sustentável, impulsionando a inovação e a busca por soluções para a mobilidade do futuro. A participação dos estudantes, mostrando talento, criatividade e paixão pela tecnologia, é um sinal claro da promessa de um futuro mais verde, com veículos a hidrogênio levando o Brasil para uma nova era de mobilidade.





**Monica Saraiva Panik - Mentor H2 Mobility
SAE BRASIL, Curador Biosphere World,
Consultor H2 e Fuel Cell Technologies**

O hidrogênio representa um papel chave e viabilizador da transição energética, a qual mudará a geopolítica do comércio internacional de energia. Países que possuem abundância de fontes de energia renovável se tornarão produtores, consumidores e exportadores de hidrogênio verde e seus derivados e de produtos verdes, como o aço, a amônia, fertilizantes, cimento, papel, vidro, e componentes e equipamentos das tecnologias do hidrogênio e células a combustível.

De acordo com a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA), a transição energética em curso não tem precedentes devido a sua escala e ao profundo impacto nas tendências socioeconômicas, tecnológicas e geopolíticas estabelecidas em todo o mundo. As energias renováveis, em combinação com a eficiência energética, agora formam a vanguarda de uma transição energética global de longo alcance. Esta transição não é apenas uma substituição de combustível, e sim é uma mudança para um sistema diferente com rupturas políticas, técnicas, ambientais e econômicas proporcionais. A IRENA considera também que a década de 2020 pode se tornar a era de uma grande corrida pela liderança em tecnologia, já que os custos provavelmente cairão acentuadamente com a ampliação do conhecimento e da infraestrutura necessária. O hidrogênio verde se tornará competitivo mais cedo em países como a China (graças aos seus eletrolisadores de baixo custo), ou Brasil e Índia (com energias renováveis baratas e preços de gás relativamente altos). A fabricação de equipamentos para plantas de H2 verde representa uma excelente oportunidade de mercado nos próximos anos e décadas porque a cadeia de valor do hidrogênio é extensa e as estimativas apontam para um potencial de mercado de US\$ 50 a 60 bilhões para eletrolisadores e um mercado de US\$ 21 a 25 bilhões para células a combustível em meados do século. A inovação e as tecnologias emergentes podem mudar o cenário atual de manufatura.

No final de 2017, países da Europa, Estados Unidos e Ásia, passaram a considerar o hidrogênio, não somente como um combustível alternativo para o setor de transportes, mas como um vetor energético e um dos pilares da transição energética, o qual pode atuar na descarbonização de diversos setores da economia simultaneamente, como a indústria, os transportes e a geração de eletricidade descentralizada. Desde então, o volume de investimentos e de projetos aumentou significativamente no âmbito global, porque o setor do hidrogênio passou a ser multidisciplinar.

Na minha opinião, o desenvolvimento e crescimento do setor do hidrogênio é uma curva crescente porque acompanha o cumprimento das metas do Acordo de Paris, comprometidas por noventa (90) países, representando 80% do PIB mundial, signatários do Acordo de Paris no contexto de suas “NDCs” (Contribuição Nacionalmente Determinada). As metas de Zero Emissões de gases de efeito estufa até 2050 e uma

redução de 50% até 2030 foram transferidas para todos os setores econômicos, mas para que sejam cumpridas, uma quantidade significativa de fontes renováveis de energia precisa ser instalada e integrada, e setores que demandam energia, como o transporte e a indústria, precisam ser descarbonizados em grande escala. Na visão do Hydrogen Council (Conselho Global do Hidrogênio), o hidrogênio é o pilar central dessa transformação energética em curso, pois pode contribuir com as mudanças necessárias para reduzir as emissões de CO₂ em 60% até 2050, considerando um aumento da população mundial para 10,9 bilhões de pessoas.

Assim como os países se comprometeram com uma redução de emissão de gases de efeito estufa, esse comprometimento foi transferido para a indústria de todos os setores envolvidos e desta forma, os projetos e a produção das novas tecnologias (componentes, máquinas, equipamentos, veículos, etc) também foram escalonados orientados para atingir essas metas.

Ou seja, o planejamento estratégico do setor do hidrogênio para a indústria e os transportes (em todos os modais), está diretamente conectado ao cumprimento das metas da transição energética. Não existe plano B e portanto, o crescimento do setor do hidrogênio é um caminho sem volta, assim como a descarbonização de toda a economia global.

O mercado global sinaliza que em 2030, os projetos anunciados de produção de hidrogênio a nível global estarão operando. De acordo com a Roland Berger, os anúncios de projetos credíveis/maduros estão atualmente na ordem de cerca de 200 GW da capacidade de eletrólise e investimentos anunciados de cerca de US \$ 500 bilhões até 2030. Uma maioria significativa, cerca de 84%, da demanda planejada por hidrogênio está previsto para ser gerado por eletrólise, enquanto os 16% restantes serão proveniente da reforma do gás natural com captura de carbono. Entre os projetos anunciados, aprox. 45%, estão em um estágio avançado de desenvolvimento, tendo ultrapassado a fase de estudo de viabilidade. Aproximadamente 41% do consumo anunciado está previsto para 2030, alinhado com os objetivos da Diretiva de Energias Renováveis (RED), com implicações significativas para os produtores de amônia, refinarias e o setor siderúrgico, dada a implementação do Mecanismo de Ajuste Fronteiriço de Carbono (CBAM).

No setor automotivo, de acordo com o site Market&Markets, o mercado global de células a combustível irá crescer de USD 3,3 bilhões em 2023 para USD 8,7 bilhões em 2028 a uma taxa de crescimento anual (CAGR*) de 21,7% durante o período analisado. Políticas públicas favoráveis e investimento em pesquisa e desenvolvimento têm um papel chave no crescimento do mercado. A Ásia-Pacífico é considerado nesse relatório, como o maior mercado devido ao altos investimentos relacionados com a tecnologia de células a combustível, sendo o Japão e a Coreia do Sul os maiores na região. A América do Norte e a Europa são consideradas como o segundo/terceiro maiores mercados durante o período analisado.

De acordo com a análise feita pela Mordor Intelligence, o mercado de veículos comerciais movido a célula a combustível foi avaliado em US\$ 2 bilhões em 2021 e deverá crescer para US\$ 14 bilhões até 2027, registrando um CAGR de mais de 40% durante o período avaliado (2022 - 2027). O estudo espera que a Ásia-Pacífico lidere o mercado, devido ao imenso tamanho da indústria automotiva em grandes países como China, Índia, Indonésia e Tailândia. A região também abriga grandes fabricantes de tecnologia



de veículos a células a combustível e espera-se que investimentos aumentem ainda mais na região. Várias grandes cidades e países divulgaram os seus objetivos para reduzir as emissões dos veículos comerciais, com planos de investimentos para as tecnologias do hidrogênio neste setor. O governo japonês está apostando em veículos a hidrogênio para alcançar a neutralidade de carbono até 2050 e estabeleceu uma meta ambiciosa de ter 200.000 veículos movidos a célula a combustível nas ruas até 2025, juntamente com 320 postos de abastecimento. O governo da Coreia do Sul publicou planos de ter 6,2 milhões de veículos movidos a célula a combustível produzidos e construir pelo menos 1.200 postos de reabastecimento até 2040. A Europa e a Califórnia anunciaram que esperam ter aprox. 100.000 caminhões operando até 2030. A Califórnia é historicamente o maior mercado de veículos a célula a combustível e infraestrutura de hidrogênio do mundo. Hoje mais de 50.000 veículos movidos a célula a combustível e mais 800 postos de abastecimento estão operando no mundo, sendo que 18.000 veículos e 108 postos na Califórnia. Residentes no estado ganham um desconto de até US\$ 4.500 e o Governo Federal oferece até US\$ 8.000 de crédito na compra de veículos de passeio a célula a combustível. Na Europa os caminhões H2GEN da Mercedes-Benz já estão sendo testados em clientes como a Amazon, Air Products, INEOS, Holcim e Wiedmann & Winz. O H2GEN atingiu a marca de 1 milhão de quilômetros em testes na Suíça, país que fomentou o setor após isentar o pedágio para os caminhões movidos a célula a combustível, representando uma economia para empresas de logística, de aprox. 300.000 Euros, por ano e por caminhão que atravessa a fronteira Suíça.

A Alemanha já tem quase 100 postos de abastecimento de hidrogênio e a H2 MOBILITY foi fundada em 2015, com o objetivo de ampliar a infraestrutura de hidrogênio para automóveis e veículos comerciais em 7 áreas metropolitanas de Hamburgo a Munique. Foram feitos investimentos por empresas como a Shell, Air Liquide, TotalEnergies, Linde, Daimler Truck, EG Group e Hyundai, além do apoio técnico de parceiros associados como a BMW, Honda, Tank & Rast, Toyota e Audi. Em todos os postos, os automóveis e veículos comerciais podem abastecer com hidrogênio a 700 bar. Recentemente foi instituída uma nova precificação nos postos na Alemanha, onde o hidrogênio verde é mais barato (o H2 a 700 bar custa 11 Euros/Kg nos postos que abastecem com hidrogênio verde e 13,85 Euros/kg nos postos que utilizam hidrogênio cinza). Além disso, um modelo de negócios das empresas de gases industriais como Air Liquide, Linde e Air Products no mercado global, está facilitando a implementação da infraestrutura de H2, no qual essas empresas investem na implementação da estação de abastecimento e o cliente paga pelo hidrogênio a partir de um consumo garantido de no mínimo 1.000 Kg H2 (1 tonelada) por dia.

Países que como o Brasil possuem abundância em energias renováveis, além dos biocombustíveis, podem produzir combustíveis sintéticos como o e-metanol, o e-querosene, e a gasolina verde. O potencial de mercado para os combustíveis sintéticos a base de H2, abre novas oportunidades de negócios para o setor de biocombustíveis no Brasil, cujas usinas possuem o CO2 biogênico, que é o mais desejado do mundo.

O SAE Brasil & Ballard Student H2 Challenge é um desafio estudantil pioneiro no Brasil e no mundo. A idéia nasceu do grupo de Mentoria da Mobilidade a Hidrogênio com o objetivo de transferir conhecimento e experiência para as universidades brasileiras, sobre sistemas de célula a combustível para aplicação automotiva, e dar oportunidade aos grupos estudantis envolvidos de trabalharem com tecnologia de ponta e com engenheiros experientes da indústria nacional e internacional. O lançamento do SAE Brasil & Ballard Student H2 Challenge aconteceu em parceria com a Sobratema e a Biosphere World 2020 (BW Expo Summit Digital), durante o Webinar BW Talks Transformação Energética – Hidrogênio no dia 17 de junho de 2020 transmitido pelo YouTube. O interesse foi grande e 15 universidades de todo Brasil se inscreveram para participar das etapas classificatórias virtuais. Este ano, será realizada a 3ª edição de 1 a 4 de agosto no Esporte Clube Piracicabano de Automobilismo em Piracicaba/SP com 9 equipes competindo. Todas as equipes participam dos cursos preparatórios online e gratuitos, de 2 horas em média cada um, os quais já treinaram mais de 250 estudantes de engenharia sobre: veículos elétricos a hidrogênio, tecnologia de célula a combustível, segurança do hidrogênio, fontes de produção de hidrogênio, tendências internacionais da mobilidade a hidrogênio, design, abastecimento de hidrogênio, transformação energética e outros temas. O envolvimento de parceiros industriais nacionais e internacionais, os quais doaram produtos, serviços, conhecimento e apoio técnico, bem como o engajamento dos voluntários da SAE Brasil, está sendo crucial para o sucesso dessa iniciativa.

Além da Ballard Power Systems que doou 22 stacks de célula a combustível com potência de 2,1 KW, a Air Products doou o hidrogênio comprimido armazenado em cilindros industriais de alumínio. A SEG Automotive doou motores elétricos importados da Alemanha, a Siemens Automotive doou licenças de software de simulação, a WEG doou um inversor para validação de um conceito para o sistema de powertrain elétrico hidrogênio, a Valeo doou fans de refrigeração desenvolvidas no Brasil para essa finalidade específica e a Swagelok doou válvulas de H2.

Além disso, com o apoio do comitê multidisciplinar de especialistas da academia e da indústria brasileira voluntários da mentoria do H2 da SAE BRASIL, foram definidas as etapas digitais classificatórias, os critérios e pontuação e os cursos de treinamento preparatórios que contribuíram para definir as especificações técnicas e de segurança dos veículos. As etapas da competição começam com a entrega de relatórios técnicos e o projeto do veículo proposto, detalhes do desempenho do powertrain híbrido elétrico com célula a combustível, projeto do sistema de segurança para o hidrogênio no veículo, bem como o packaging veicular e design externo do veículo. Durante a competição presencial, todas as equipes apresentam seus projetos, onde os técnicos avaliam o sucesso da capacitação dos estudantes. As equipes que construíram seus veículos, passam pelo protocolo de segurança e operam em um circuito fechado individualmente. A cooperação entre universidades e a indústria existe tradicionalmente em diversos países e promove capacitação de profissionais integrando-os no mercado simultaneamente ao seu período de formação acadêmica. No Brasil esse conceito ainda não é muito difundido, e o SAE BRASIL & BALLARD Student H2 Challenge representa um marco que está incentivando o desenvolvimento desse tipo de parceria com mais frequência no país. Ao envolver os estudantes e professores neste tema estaremos contribuindo para que a tecnologia se perpetue nas novas gerações. A minha expectativa é que essa competição estudantil pioneira, continue crescendo e se internacionalize. Trabalhamos para tanto no âmbito da Mentoria da Mobilidade de H2 da SAE BRASIL.

É preciso compreender a importância do ecossistema do hidrogênio para a geração de novos empregos, atração de novos investimentos e capacitação da indústria brasileira, porque sua cadeia produtiva é imensa e compreende todos os setores da economia. No segmento de hidrogênio verde ou renovável, a cadeia produtiva tem início no setor de geração de energia renovável, passa pelo setor de tratamento e suprimento de água, tecnologias para produção de hidrogênio e seus derivados, armazenamento, distribuição e logística até o consumo final pela indústria, transporte e geração de calor e eletricidade distribuída, incluindo fabricantes de componentes, equipamentos e prestadores de serviços em toda a cadeia.

Para iniciar o processo de reindustrialização do Brasil aproveitando as oportunidades do setor do Hidrogênio, é preciso capacitar a engenharia brasileira, fomentar a criação de novas linhas de produção e a nacionalização das tecnologias do hidrogênio, independentemente do mercado nacional, já que o mercado global já existe, e em 2030, estará maduro com as devidas lideranças consolidadas.

Uma iniciativa do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), denominada Made in Brasil Integrado (MiBI), estabeleceu a criação da Rede Colaborativa para o Aumento da Produtividade e da Competitividade do Setor Automotivo Brasileiro, a qual nacionalizou respiradores pulmonares em 3 meses durante a pandemia. O Grupo de Estudos GE8, liderado pela SAE BRASIL e criado através da portaria SEPEC Nº 9035 DE 17/09/2021, cuida do fomento à indústria brasileira de média e alta complexidade para a econômica de hidrogênio no Brasil. O GE8 dá ênfase ao conceito “do Poço à Roda”, ou seja, a produção, distribuição e aplicação do H₂, tendo como prioridade a viabilização de fontes renováveis de energia para o setor de transportes. Há cerca de 3 anos, o MiBI GE8 H₂ está disseminando conhecimento na indústria brasileira sobre componentes, máquinas e equipamentos que estão sendo comercializados no mercado global, em cooperação com o SINDIPEÇAS e a ABIMAQ. Um evento na sede da ABIMAQ em São Paulo no dia 26 de março, reuniu especialistas e representantes da indústria nacional. Nos dias 16 a 17 de outubro de 2024 durante o 31º Congresso da SAE BRASIL na BIENAL do Ibirapuera em São Paulo, será realizada uma exposição tecnológica pioneira no Brasil, de amostras de componentes, máquinas e equipamentos do setor global do Hidrogênio, bem como um painel técnico com especialistas da indústria global, os quais apresentarão as tecnologias apresentadas na exposição.

Fabricantes globais e nacionais de componentes, máquinas e equipamentos do setor global do hidrogênio com subsidiárias no Brasil, instituições governamentais (agências reguladoras, órgãos ou entidades competentes), instituições acadêmicas, centros de pesquisa e instituições de fomento à pesquisa e inovação, e bancos de desenvolvimento e investimentos estão convidados a participar dessa trajetória incansável de 6 anos, até 2030, com o objetivo de posicionar a indústria brasileira como uma das líderes globais do setor do hidrogênio.



SAE BRASIL
A CASA DO CONHECIMENTO DA MOBILIDADE BRASILEIRA



FAPEMIG



Ansys

SIEMENS

Valeo

BALLARD

Swagelok



Referências

IRENA (2022), Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

ESTRATEGIA NACIONAL DE HÍDRÓGENO VERDE - CHILE

水素社会実現に向けた社会実装モデルについて 2021年8月 経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室

IEEJ TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING IEEJ Trans 2017; 12: 5-9

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202312/programa-nacional-do-hidrogenio-reforca-estrategia-do-brasil-para-liderar-a-transicao-energetica#:~:text=At%C3%A9%202025%2C%20a%20meta%20C3%A9,de%20baixa%20emiss%C3%A3o%20de%20carbono>

Referências

IRENA (2022), Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

ESTRATEGIA NACIONAL DE HIDRÓGENO VERDE - CHILE

水素社会実現に向けた社会実装モデルについて 2021年8月 経済産業省 資源エネルギー庁 新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室

IEEJ TRANSACTIONS ON ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING IEEJ Trans 2017; 12: 5-9

<https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202312/programa-nacional-do-hidrogenio-reforca-estrategia-do-brasil-para-liderar-a-transicao-energetica#:~:text=At%C3%A9%202025%2C%20a%20meta%20%C3%A9,de%20baixa%20emiss%C3%A3o%20de%20carbono>



SEJA UM PATROCINADOR

