

Desenvolvimento global e mudança do clima



Mesa de diálogo

A Era do Hidrogênio Renovável

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) edita publicações sobre diversas temáticas que impactam a agenda do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (SNCTI).

As edições são alinhadas à missão institucional do Centro de subsidiar os processos de tomada de decisão em temas relacionados à ciência, tecnologia e inovação, por meio de estudos em prospecção e avaliação estratégica baseados em ampla articulação com especialistas e instituições do SNCTI.

As publicações trazem resultados de alguns dos principais trabalhos desenvolvidos pelo Centro, dentro de abordagens como produção de alimentos, formação de recursos humanos, sustentabilidade e energia. Todas estão disponíveis gratuitamente para *download*.

A instituição também produz, semestralmente, a revista **Parcerias Estratégicas**, que apresenta contribuições de atores do SNCTI para o fortalecimento da área no País.

Você está recebendo uma dessas publicações, mas pode ter acesso a todo o acervo do Centro pelo nosso site: <http://www.cgee.org.br>.

Boa leitura!

Desenvolvimento global e mudança do clima

 Mesa de diálogo

A Era do Hidrogênio Renovável

Resumo executivo



Brasília – DF
Março de 2022

Diretor-presidente

Marcio de Miranda Santos (até 28/02/2022)

Fernando Cosme Rizzo Assunção (a partir de 01/03/2022)

Diretores

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Regina Maria Silverio

Edição: *Danúzia Queiroz/Contexto Gráfico*

Diagramação: *Contexto Gráfico*

Capa e Infográficos: *Contexto Gráfico*

Projeto Gráfico: *Núcleo de design gráfico do CGEE*

Catálogo na fonte

C389d

Desenvolvimento global e mudança do clima. Mesa de diálogos - A Era do Hidrogênio Renovável; Resumo Executivo. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2022.

54 p. il.

ISBN 978-65-5775-042-1 (Digital)

1. Hidrogênio 2 Renovável. 3 Jovens. I. CGEE. II. Título.

CDU - 662.769.2

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), SCS, Qd. 9, Lote C, Torre C, 4º andar, Salas 401 a 405, Ed. Parque Cidade Corporate, CEP 70.308-200, Brasília-DF, Tel.: (61) 3424 9600, <http://www.cgee.org.br>, @cgee_oficial.

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos nesta publicação poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que seja citada a fonte.

Referência bibliográfica:

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS- CGEE. **Desenvolvimento global e mudança do clima.** Mesa de diálogos - A Era do Hidrogênio Renovável; Resumo Executivo. Brasília, DF: CGEE, 2022. 54 p.

Esta publicação é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE. – 18º Termo Aditivo: Internacionalização da CT&I Brasileira /Atividade: Inserção do CGEE em Agendas Internacionais – Projeto Agenda Positiva: Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável 52.01.50.01/MCTI/2018.

Desenvolvimento global e mudança do clima

Mesa de diálogos

A Era do Hidrogênio Renovável

Resumo executivo

Supervisão

Regina Maria Silverio

Equipe técnica do CGEE

Marcelo Khaled Poppe (Líder de projeto)

Bárbara Bressan Rocha

Emilly Caroline Costa Silva

Daniella Fartes dos Santos e Silva

João Pedro Arbache

Carolina Conceição Rodrigues

Os textos apresentados nesta publicação são de responsabilidade dos autores.



Sumário

APRESENTAÇÃO	7
1. ROTEIRO METODOLÓGICO	9
2. PRODUTOS	11
2.1. Abertura	11
3. EXPOSIÇÕES	15
3.1. Avanços da indústria do hidrogênio na Colômbia	15
3.2. Desenvolvimento de energia pelo hidrogênio na Rússia – preparando um futuro limpo	16
3.3. Desenvolvimento do hidrogênio verde no Quênia	17
3.4. Perspectivas para o hidrogênio renovável na América Latina: Chile	18
3.5. Tecnologias do hidrogênio no Brasil	19
3.6. Comentários aos questionamentos e considerações finais dos participantes	21
4. PRÓXIMOS PASSOS E ENCERRAMENTO	25
REFERÊNCIAS	26
ANEXO A – MOMENTO PERGUNTAS	27
ANEXO B – LISTA DE PARTICIPANTES	28
ANEXO C – REGISTRO FOTOGRÁFICO	31
ANEXO D – APRESENTAÇÕES	35
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS ENCONTRADAS NESTA PUBLICAÇÃO	54





Apresentação

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI) do Brasil e tem como objetivo apoiar os processos decisórios em questões relacionadas à ciência, tecnologia e inovação. Nesse sentido, uma das áreas estratégicas para a sua atuação é a Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável.

Em específico às mudanças climáticas – tema de amplo debate nos últimos quase 30 anos –, observa-se um aumento significativo na quantidade de alertas sobre o dano irreversível da ação humana no planeta. Nesse contexto, o Acordo de Paris reivindicou um limite para as emissões de carbono de modo que a temperatura média da superfície da Terra não suba para além dos 1,5 °C da temperatura existente na revolução industrial. Como resultado, os países estão buscando alternativas mais limpas, principalmente para o setor de energia, de alta emissão de gases de efeito estufa (GEE), sendo o hidrogênio limpo/verde/renovável visto como oportunidade para essa transição para uma economia de baixo carbono. No entanto há diversos assuntos ainda a serem pesquisados e aprofundados como os processos de produção, a disseminação do hidrogênio no mercado, o seu desenvolvimento tecnológico, o estabelecimento de padrões e normas, as implicações sociais e ambientais, as estratégias e os planos nacionais existentes no mundo, entre outros.

Com o fito de colaborar com o preenchimento dessas lacunas de conhecimento, o CGEE organizou, em 23 de novembro de 2021, a Mesa de diálogo internacional 2021 – A Era do Hidrogênio Renovável, com o objetivo de conhecer, por meio do convite a jovens pesquisadores do tema, quais ações estão sendo realizadas no mundo para lidar com essas questões. O evento contou com 85 participantes, entre palestrantes, organizadores, colaboradores e plateia.

Nas próximas páginas são disponibilizadas informações gerais do evento e o resultado do debate coletivo. Este Resumo Executivo não traz, necessariamente, a transcrição literal das falas dos palestrantes e participantes, mas sua sistematização em uma síntese livre.



1. Roteiro metodológico

Objetivos do Webinar

Geral:

- Promover o diálogo entre jovens especialistas de diferentes países para compartilhar informações e trocar experiências sobre o futuro do hidrogênio renovável.

Específico:

- Conhecer as ações que estão sendo realizadas pelo mundo na temática.
- Compreender as perspectivas dos jovens no assunto.
- Colaborar com subsídios para um informe do CGEE, que conta com resultados de análises de produção científica, patentes e projetos comerciais para produção do hidrogênio renovável.

Programação

Horário	Atividade
10h	Abertura e boas-vindas <i>Eduardo Soriano</i> – Diretor do Departamento de Tecnologias Aplicadas do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações – MCTI <i>Regina Silverio</i> – Diretora do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE <i>Marcelo Poppe</i> – Líder da atividade Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável do CGEE
10h25	Apresentação da Dinâmica do Webinar Pergunta Interativa 1 <i>Amanda Ohara</i> – Moderadora do Evento – consultora do portfólio de energia do Instituto Clima e Sociedade – iCS
10h30	Apresentações <i>Daniela Abaunza</i> – Departamento de Direito Mineiro Energético, Universidade Externado, Colômbia <i>Vadim Kuznetsov</i> – Gerente da Plataforma de Metas de Desenvolvimento Sustentável, Brics Youth Energy Agency, Rússia <i>Paul Kanja</i> – Oficial de Energia Renovável da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit – GIZ, Quênia <i>Javier Jorquera</i> – Analista da Agência Internacional de Energia – IEA, Chile <i>Marina Domingues</i> – Secretária Executiva, Associação Brasileira de Hidrogênio – ABH2, Brasil
11h40	Pergunta interativa 2
11h45	Intervalo
11h55	Diálogo Palestrantes/participantes
12h45	Últimas considerações dos palestrantes
12h50	Encerramento

Dinâmica do Webinar

Orientada por uma abordagem reflexiva a partir de diálogos, a metodologia do Webinar A Era do Hidrogênio Renovável foi baseada nas exposições dialogadas e no debate. Todo o processo foi realizado *on-line* pelo aplicativo Zoom e está disponível na página do CGEE na plataforma do YouTube.

A primeira etapa foi iniciada com as apresentações de boas-vindas, sendo seguida com cinco apresentações de *experts* no ramo do hidrogênio renovável e, depois, com um espaço para debate (com perguntas enviadas pelo recurso *questions and answers* – Q&A do aplicativo).

Previamente ao Webinar, os palestrantes foram orientados a abordarem as seguintes questões:

- Como você vê o papel do seu país na próxima Era do Hidrogênio?
- Quais capacidades você acredita que seu país tem em relação à cadeia de desenvolvimento do hidrogênio verde?
- Você acredita que seu país poderá desempenhar um papel importante no desenvolvimento tecnológico do hidrogênio renovável?
- Valeria a pena arcar com os custos de desenvolvimento desse aspecto ou seria melhor adotar tecnologias e padrões internacionais?
- Como você e/ou seu país veem o risco de competição por recursos hídricos com o aumento da produção de hidrogênio verde?

Durante o Webinar, foram realizados dois momentos de interação com os participantes, com a utilização das seguintes perguntas: 1) Você acredita que o hidrogênio renovável vai resolver a questão da mudança do clima? 2) Após assistir às apresentações, qual a sua opinião sobre o hidrogênio renovável? (Anexo A).

O registro do evento foi feito com o apoio de relatoria especializada, sendo seus principais resultados apresentados neste Resumo Executivo. O evento contou com cerca de 85 participantes *on-line*, entre palestrantes, equipe organizadora e de apoio e plateia.

2. Produtos

2.1. Abertura

Eduardo Soriano

Diretor do Departamento de Tecnologias Aplicadas do MCTI

O *Webinar* a Era do Hidrogênio é importante passo na retomada das discussões que envolvem o hidrogênio no Brasil. Apesar de ser um assunto debatido desde 1995, no âmbito da criação de um Centro de Referência no assunto na Universidade de Campinas, somente agora em 2021 houve a orientação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) para a criação de diretrizes para o Programa Nacional de Hidrogênio, criadas recentemente, em junho de 2021 (BRASIL, 2021). Nesse intervalo, houve a criação do Programa Brasileiro de Células a Combustível (ProCac) (CGEE, 2002), do Programa de Ciência, Tecnologia e Inovação para a Economia do Hidrogênio (ProH₂, 2005) e também foi lançado um Roteiro para a Estruturação da Economia de Hidrogênio no Brasil (2005), publicado pelo CGEE, em 2010, o *Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2015* (CGEE, 2005), e realizada a 22ª Conferência Mundial de Energia do Hidrogênio em 2018, entre outras iniciativas. No entanto o interesse e os investimentos no assunto não foram constantes, existindo anos em que o assunto esteve em pauta, e outros anos em que pouco era debatido.

Este ano, com as diretrizes do Programa Nacional do Hidrogênio, o assunto foi novamente colocado no âmbito de política pública, e a ideia é que seja possível fazer uma transição energética, valorizando o potencial de todos os recursos energéticos e pensando no uso do hidrogênio para outras aplicações além da energética. Tal processo deve ser alinhado à descarbonização da economia como um todo e à valorização do desenvolvimento tecnológico nacional, mirando, ainda, no mercado competitivo, na sinergia com outros países e valorizando a indústria nacional. O programa contará com seis eixos: 1) Fortalecimento das bases tecnológicas; 2) Capacitação e recursos humanos; 3) Planejamento energético; 4) Arcabouço legal-regulatório; 5) Crescimento do mercado e competitividade; e 6) Cooperação internacional. Ao final, foi destacado que é preciso disseminar mais conhecimento sobre o hidrogênio para a sociedade, desmitificando certas ideias e mostrando que é possível trabalhar com ele de maneira segura. Nesse sentido, é importante que novas vozes e visões sejam conhecidas, tendo o *Webinar* destaque essencial nessa tentativa de conhecer as novas tendências, as opiniões de jovens pesquisadores sobre o tema, complementando os estudos que visam balizar as tendências do caminho da economia e da tecnologia do Brasil.



Regina Silverio

Diretora do CGEE

O CGEE é uma organização social vinculada ao MCTI e tem como um dos papéis o de criação de subsídios estruturantes para programas e políticas públicas em todos os setores. Como o Centro está sempre incluído em temas relevantes para o Estado brasileiro, também está, há algum tempo, envolvido com o hidrogênio, não só no sentido de contribuir para uma matriz energética mais limpa, mas para seus diversos usos, tendo um olhar para uma agenda inovadora e que traga a competitividade em um cenário global. Na COP-26, foi observado um grande avanço no que tange à área energética no âmbito da discussão climática, sendo o hidrogênio componente-chave para essa transição energética. Ao longo dos anos, tem sido observada maior conscientização dos indivíduos e do Estado em relação ao clima, mas, ainda, há a necessidade de olhar de modo mais amplo para todos os problemas caros à população e desenvolver maior colaboração. Nesse sentido, o CGEE visa sempre trabalhar com esse esforço colaborativo, envolvendo gerações mais jovens, diversos países e setores, como academia, governos, suas agências, empresas, etc. A parceria junto ao MCTI e ao Ministério de Minas e Energia (MME), nessas questões relacionadas à matriz energética e às mudanças climáticas, auxilia na busca dessas novas rotas tecnológicas, em que a ciência e a tecnologia possam vir a desmitificar questões de grande preocupação da população. No processo é visado que as vantagens comparativas e competitivas e a popularização da ciência auxiliem no entendimento de que ciência, tecnologia e inovação podem trazer melhorias na qualidade de vida, a curto, médio e longo prazos.

Aqui não se pode deixar de destacar a necessidade de debater como os cenários futuros devem ser considerados na discussão atual. Por exemplo: Como o marco legal acompanha as inovações e os novos elementos sendo trazidos em estudos? Os recursos humanos são suficientes e possuem formação adequada para contribuir com a área no futuro? Quais seriam as fontes de financiamento? O mercado irá absorver as novas tecnologias e as novas formas de recurso renovável? O olhar da nova geração de pesquisadores também será essencial nesse processo de transição energética.

Marcelo Poppe

Líder da atividade Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável do CGEE

O CGEE atua na área de apoio à tomada de decisão no Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação, tratando temas de alta relevância para o País e visando atender às demandas do mercado. Todo o contexto atual dessa discussão do hidrogênio vem guiado pelos acontecimentos já ocorridos, passando pela Conferência de Estocolmo (1972), pela Conferência do Rio (Eco-92), pela Agenda 2030, pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e de suas metas (2015) e pelo Acordo de Paris, com as Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês *Intended Nationally Determined Contributions*) (2015). Esses últimos marcos foram inovadores no sentido de que os países levaram as suas contribuições de maneira *bottom-up*, com sua construção coletiva pelos países.

Mais específico ao tema tratado no *Webinar*, sabe-se que a relevância dos temas da área energética tem altos e baixos, com proeminência momentânea de algumas tecnologias/fontes e discussão e

desenvolvimento guiados muitas vezes por eventos da área ambiental. A Conferência do Rio foi de grande influência ao setor tecnológico, pois trouxe a consciência sobre a questão climática e a necessidade de redução nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), principalmente das fontes fósseis de energia e matéria-prima para as indústrias. Devido ao ressurgimento do interesse pelo hidrogênio, o CGEE está produzindo um levantamento com os temas tratados nas publicações científicas, procurando, por meio das patentes, as tendências de inovação no setor; e, no mercado, os projetos industriais que estão sendo desenvolvidos ao redor do mundo. A publicação deve ser concluída ainda em 2021. Os palestrantes do *Webinar* contribuirão com informações sobre essa nova realidade, ainda mais diante da expectativa de que o mundo migre, em curto prazo, da produção de hidrogênio a partir de fontes fósseis, para fontes renováveis. Espera-se que essa produção se torne suficientemente expressiva, substituindo as fontes energéticas e de matéria-prima industrial utilizadas por nossa sociedade, baseadas em recursos fósseis.

Amanda Ohara

Moderadora do evento – consultora do portfólio de Energia do iCS

O hidrogênio renovável/verde é um tema quente nas discussões contemporâneas sobre energia, pois é a principal aposta para a transição energética global. Esse elemento não é novo na indústria global, mas, atualmente, é visto como de grande potencial, principalmente por permitir a expansão do uso de energia de fonte renovável (como solar e eólica) em locais de difícil eletrificação. O hidrogênio é o elo faltante para o processo de descabeamento da economia mundial e tem atraído muito investimento de países líderes, como a Alemanha e a China.

O hidrogênio renovável é produzido por meio da eletrólise da água com o uso de fontes de energia renovável, gerando quebra da sua estrutura molecular e liberação de energia. Sua forma de utilização mais discutida atualmente é para a estocagem de energia elétrica, usando o hidrogênio como bateria para armazenar energia não despachável; para geração de outros compostos sintéticos, produzindo amônia; como combustível para aviação e transporte marítimo – que têm dificuldade de eletrificação direta; para processos industriais, como na siderurgia, etc. No entanto, para que isso se torne uma realidade, existem diversos desafios, como os altos custos de produção, as questões técnicas e de segurança no transporte e armazenamento, o estabelecimento de mercados *premium*, dispostos a pagar pelos custos elevados de produção dessa fonte, etc. O *Webinar* contribuirá nesse entendimento, por meio da participação de jovens especialistas no tema e ao compartilhamento dos seus conhecimentos.



3. Exposições

3.1. Avanços da indústria do hidrogênio na Colômbia

Daniela Abaunza

*Docente investigadora no Departamento de Direito Mineiro
Energético da Universidade Externado da Colômbia*

O governo da Colômbia tem usado duas abordagens principais para atrair investimento e encorajar a indústria nacional no que tange ao alavancamento da indústria do hidrogênio, processo iniciado há dois anos. Primeiramente, o governo decidiu promover esse elemento, por cinco principais motivos: 1) diminuição das emissões; 2) promoção de energias não convencionais renováveis; 3) crescimento econômico; 4) aumento das exportações; e 5) busca da segurança energética.

O uso de hidrogênio na descarbonização da energia é bastante importante, pois ele também é um modo de promover o uso de outras fontes renováveis não convencionais, como solar e eólica. Visando esse objetivo, o governo estabeleceu um *roadmap* para o setor até 2030, desenvolvido no meio da pandemia, quando a economia estava em baixa e o hidrogênio estava sendo visto como de potencial para reaquecer a economia e criar mais oportunidades de trabalho. O *roadmap* da Colômbia, diferentemente de outros países, não fala somente de hidrogênio, mas do hidrogênio azul. O país depende da exportação de combustíveis fósseis, então há a tentativa de encorajar a indústria de combustíveis fósseis em ser parte dessa transição energética para o hidrogênio. É um ponto polêmico, mas que, aos poucos, tem sido abordado. Para 2030, é almejado que o país tenha uma capacidade instalada de 1 gigawatt (GW) de hidrogênio verde, com um custo nivelado de produção de hidrogênio (LCOH, na sigla em inglês *levelized cost of hydrogen*) de 1,7 USD/kg. Em relação à demanda, é prevista uma frota de 1.500-2.000 veículos leves, 1.000-1.500 veículos pesados, 50-100 estações de abastecimento por hidrogênio, e o suprimento de 40% do consumo de energia das indústrias. Isso levaria a uma redução de 2,5-3 Mton CO₂ Eq (megatonelada de dióxido de carbono equivalente). Essa produção de hidrogênio verde seria prioritariamente no Norte do país, que tem bastante energia solar e eólica, enquanto, em um cenário do ano 2050, já existiria participação de todo o território. Nesse cenário, o país se tornaria um exportador de hidrogênio (verde e azul), principalmente para os mercados da Ásia, notadamente China, Coreia do Sul e Japão. Alguns países da Europa também poderiam ser possíveis importadores, caso não avancem nas próprias tentativas de produção.

Quanto aos mecanismos que o país tem utilizado para atrair investimentos públicos e privados para o desenvolvimento da economia do hidrogênio, sendo mais específico aos legais, tem havido a tentativa de estender os já em funcionamento para as demais energias, por meio de: incentivos fiscais, incentivos alfandegários, acesso a fundos públicos, leis de incentivo à pesquisa, e a possibilidade de usar “*sandbox* regulatórios”. Inclusive, já existem alguns fundos no país que dão acesso a recursos para o projeto do hidrogênio, incluindo o hidrogênio verde. Relativo às pesquisas, o país tem seis meses para lançar



uma política de incentivo à pesquisa e novas tecnologias, e às regulamentações, mas, ainda, precisa estabelecê-las de modo que use as já existentes e as crie onde for necessário. A Colômbia tem uma oportunidade de criar uma nova indústria, de ser parte de algo novo ainda em desenvolvimento, adaptando-se e aprendendo com experiências. É preciso discutir como o país vai lidar com isso, qual será o papel do Estado, e mesmo se deve ser o pioneiro na indústria do hidrogênio. A Colômbia e toda a América Latina também devem ter esse papel de desenvolver as tecnologias, e não somente exportá-las e utilizá-las.

3.2. Desenvolvimento de energia pelo hidrogênio na Rússia – preparando um futuro limpo

Vadim Kuznetsov

*Gerente da Plataforma de Metas de Desenvolvimento Sustentável
do Brics Youth Energy Agency na Rússia*

A Rússia também vem passando por um processo bastante rápido e recente (a partir de 2020) no que tange ao hidrogênio, lançando dois principais documentos norteadores de política nos últimos anos: um roteiro para o desenvolvimento do hidrogênio até 2024 (2020); e uma estratégia para o desenvolvimento social e econômico com baixo nível de emissões de gases de efeito estufa até 2050 (2021). De acordo com esses documentos, a Rússia quer chegar à neutralidade de carbono até 2060 utilizando como aliada a produção local de hidrogênio, mas há vários desafios relacionados ao seu armazenamento e transporte. Aqui ainda são debatidas a necessidade de pesquisa e de desenvolvimento para equipamentos-piloto para produção de hidrogênio renovável, além do desenvolvimento de uma ferrovia à base de hidrogênio.

Nessa estratégia para o desenvolvimento da energia baseada em hidrogênio na Rússia, o principal critério utilizado é a avaliação das tecnologias em termos dos impactos do clima, i.e., analisar a pegada do carbono por meio do ciclo de vida dos principais transportadores de energia do hidrogênio. Sendo assim, para a produção de hidrogênio marrom, a base de carvão não é considerada uma opção. Aqui são almejados o hidrogênio verde (descarbonizado), produzido por meio do processo de eletrólise, com energias renováveis ou nuclear; e o hidrogênio azul (descarbonizado), produzido à base de gás natural, com reforma a vapor catalítica do metano, e a captura e o armazenamento do carbono – que também poderia ser obtido com o uso de carvão e pelo processo de gasificação. É previsto que o país, por meio de diversas estratégias, atinja a meta de produção de até 0,2 milhão de toneladas até 2024, 12 milhões de toneladas até 2035, e 50 milhões de toneladas até 2050. O hidrogênio verde é assinalado como prioritário, principalmente em áreas do país com excesso de produção de energia elétrica.

Como regiões estratégicas para a produção do hidrogênio no país foram citadas a região Noroeste, Sul, Leste e o Ártico. Essas são as áreas mais atrativas para implantar novas instalações ou adaptar as já existentes, visando ao hidrogênio verde. No entanto o desenvolvimento dessas instalações na Rússia é pouco conhecido, pois o país é visto como uma superpotência de gás e petróleo. Mas, mesmo

sem o incentivo do mercado e do governo, ainda há certo apoio financeiro, pois o país reconhece a importância de investir nessa frente. No Noroeste, a produção será realizada visando à exportação para a União Europeia (UE). Existe no momento um gasoduto completo até a Alemanha, mas está no aguardo da aprovação e regulamentação por parte do governo alemão. Essa instalação é uma resposta às novas regulamentações da fronteira com a UE no que tange à taxação de itens intensivos em carbono. Originalmente, esse gasoduto não é uma estrutura para o transporte de hidrogênio, mas poderia ter essa capacidade.

A região Leste visa à exportação para a região Asiática, notadamente China e Japão. A ilha de Sakhalin, a maior ilha da Rússia, localizada no arquipélago japonês, tem a ambição de chegar a emissões zero até 2025. Além disso, visa-se à construção de uma ferrovia com trens movidos a hidrogênio. Já o projeto da região Sul visa atender à demanda de energia da indústria doméstica, mas ainda com potencial de exportação pelos portos do Mar Negro. Por fim, a instalação da região Ártica visa garantir a autonomia de energia local, mas com potencial de exportar hidrogênio ou substâncias energéticas à base de hidrogênio. Se a estação científica for construída na região, pode tornar-se a primeira à base de hidrogênio no Norte, e a instalação também levaria benefícios às populações nativas locais. Moscou também conta com um plano para a substituição de sua frota elétrica de ônibus para uma frota à base de hidrogênio. Foi ainda mencionada a importância da cooperação entre os países do Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul (Brics) nessa busca por remodelar o contexto energético mundial, incluindo jovens pesquisadores do tema. A realização de um Rio+30 pode, inclusive, mobilizar e facilitar essa cooperação entre jovens e países.

3.3. Desenvolvimento do hidrogênio verde no Quênia

Paul Kanja

Oficial de energia renovável da GIZ no Quênia

O Quênia localiza-se em uma das melhores áreas da África para a geração de hidrogênio verde, pois possui diversas fontes de energia renovável que poderão ser usadas para a geração de hidrogênio. De modo geral, olhando para a situação atual de energia e água no país, existe uma capacidade instalada de 2.819 megawatts (MW), sendo cerca de 29,4% geotérmica, 29,3% hidrelétrica, 25,5% de combustíveis fósseis, 11,88% eólica, 1,77% solar, 0,99% coproduzida, e 1,14% de outras fontes. A demanda equivale a 68,96% da capacidade instalada, quase 75% de fontes renováveis. O país conta com acesso à energia para 75% da população, sendo 90% dessas de fontes renováveis. É previsto que, nos próximos dois anos, o país atinja 100% de cobertura.

O Quênia também possui elevado potencial hídrico, que será essencial ao processo elétrico de produção de energia. Em específico ao potencial de energia renovável, estimam-se 15.000 MW de fonte solar, 1.073,500 MW eólica, e 10.000 MW geotérmica, que é relativamente a de mais baixo custo. Um estudo de linha de base sobre o hidrogênio verde no país, ainda em andamento, analisa as oportunidades do PtX (Power to X – produção eletrolítica de hidrogênio com uso de energia



renováveis), avaliando seus custos (incluindo o custo de eletricidade e uso de solar, eólica, etc.), benefícios e riscos, priorizando as possíveis rotas tecnológicas e industriais que podem ser tomadas, com os pros e contras de o país seguir o rumo de uma ou mais rotas analisadas.

No entanto nem todas essas rotas são viáveis, e também está sendo analisada uma perspectiva de curto, médio e longo prazo. Nesse sentido, foi desenvolvido um esboço de plano de ação para apoiar a implantação eficaz do PtX no Quênia. Aqui serão realizados estudos que abordem os tópicos citados (e as lacunas existentes) e gerem recomendações para as políticas, e ainda serão fomentados PD&I, desenvolvimento de capacidades por meio de treinamentos, desenvolvimento de infraestrutura necessária, entre outros tópicos. Provavelmente, em meados de 2022, estarão disponíveis alguns resultados para uso nas recomendações dos rumos do país.

Entre os caminhos potenciais para o uso do hidrogênio no Quênia, a agricultura destaca-se pelo alto uso de fertilizantes com base em nitrogênio, fósforo e potássio; o setor de indústria pesada, de ferro, aço e cimento, de alto uso de energia; e o setor de transporte marinho, responsável por uma alta emissão de GEE, e com possibilidade de fomentar uma descarbonização do setor. O último setor insere-se no âmbito de um programa de frotas verdes no qual o país faz parte (*Green Freight Programmes by the Northern Corridor Transit and Transport Coordination Authority – NCTTCA*). Ao final foi citada a participação do país na Associação Comercial da Parceria Africana de Hidrogênio (ÁFRICA, 2021).

3.4. Perspectivas para o hidrogênio renovável na América Latina: Chile

Javier Jorquera

Analista da IEA

O Chile também tem o hidrogênio como um tópico recente, mas bastante importante no que tange ao planejamento da matriz energética. O país e a América Latina como um todo já consomem muito hidrogênio, mas, em sua maioria, produzido por meio do uso de combustíveis fósseis (cerca de 85% de gás natural). A demanda se dá prioritariamente para o setor de refino de petróleo, no Brasil, na Argentina, no México e na Colômbia, e para a produção de metano no Chile (refino de petróleo no Sul) e em Trinidad e Tobago. Nesse sentido, o país já tem desenvolvido algumas estratégias para conseguir implantar e consolidar o uso de hidrogênio renovável. Em novembro de 2020, foi lançado o documento *Estratégia Nacional de Hidrogênio Verde* (CHILE, 2020), com algumas das iniciativas já em execução. Como meta, busca-se sua produção por eletrólise até 2030 (de 25 GW), sendo o primeiro país fora da UE a lançar uma meta (40 GW na UE), e já tendo o governo, o setor privado e a academia avançando para a implementação local do hidrogênio. Em 2021, foram lançados, pelo menos, 10 projetos envolvendo hidrogênio, assim como o projeto de uma planta operacional. Os setores-alvo da estratégia são o de mineração, transporte pesado, indústria, exportação, refino, entre outros. Vale destacar que, a curto prazo, o foco do país se dá no consumo doméstico, sendo a longo prazo voltado para a capacidade de exportação.

Para a América Latina, espera-se aumento da demanda em diferentes setores até 2030, com prevalência nos usos já existentes (produção de metano, amônia, refino e aço/ferro), isso quando se consideram avanços significativos na infraestrutura técnica e econômica, além da definição de políticas energéticas e climáticas em prol do setor. Espera-se que esse incremento se dê pelo uso nos setores de cimento, transporte e ampliação do uso do hidrogênio na produção siderúrgica. Nesse cenário esperado, também se almeja que haja redução no custo nivelado de hidrogênio, fazendo que o seu custo fique competitivo, similar aos custos de gás natural com captura e estoque de carbono.


Em específico à eletrólise fotovoltaica (PV *electrolysis* – i.e., eletrólise direta da água usando energia solar) e ao uso de energia eólica, é observado um grande potencial na América Latina, o que cria oportunidade para o comércio internacional de itens de baixo carbono, ainda mais em um futuro em que os custos de energia eólica e solar se tornarão mais acessíveis. No Chile, destaca-se o Deserto do Atacama como de grande potencial para energia eólica e produção de itens descarbonizados. No Cenário de Promessas Anunciadas (*Announced Pledges Scenario* – APS, do World Energy Outlook 2021) (IEA, 2021), o comércio do hidrogênio e os combustíveis à base do hidrogênio representam 20% da demanda global em 2050, com o Chile sendo um ator-chave (exportando para Japão, Coreia e Europa) junto com Austrália, Oriente Médio e norte da África. Contudo, para que esse cenário se torne realidade, o desenvolvimento tecnológico e a inovação serão necessários. A América Latina já tem várias experiências de sucesso – como de biocombustíveis –, mas alguns países terão que observar as especificidades das atividades locais, como a de mineração de altas altitudes. Em relação ao setor de manufatura, apesar de existirem grandes oportunidades para o hidrogênio no Chile, nenhum compromisso público ainda foi assumido. A criação de uma cadeia de produção relacionada ao setor, como de eletrólitos alcalinos, pode ser conveniente quando se trata das ambições do país relacionadas ao hidrogênio. Em todo esse processo, a colaboração regional vai ser essencial, pois poderá criar economias de escala, promover infraestrutura necessária, além de compartilhar recursos para P&D.

3.5. Tecnologias do hidrogênio no Brasil

Marina Domingues

Doutora, UFMG, ABH2

O surgimento do debate sobre a Era do Hidrogênio nos últimos dois anos é fortemente associado às discussões sobre emissão intensiva de CO₂ no setor de energia e o aquecimento global. Coincidindo com essa proeminência no assunto, há um aumento no consenso de que o hidrogênio é o caminho para zerar as emissões líquidas de carbono e manter a temperatura dentro de um patamar mínimo de aquecimento. Essa transição energética, que dependerá antes de tudo das tecnologias disponíveis, possibilitará que os diversos países contribuam para o problema global das mudanças climáticas. No entanto os eventos de transição energética não são exclusivos da vida contemporânea, e, na história da humanidade, já foram observados diversos momentos semelhantes em que uma fonte de energia se tornou proeminente em relação às outras.



Ao longo desses processos, não foi observada uma substituição das fontes energéticas anteriores, mas sim uma complementação às outras fontes (um novo nicho tecnológico) e também um aumento no consumo. No processo de transição energética atual, há o diferencial de existir uma tentativa de substituição das outras fontes, pois a demanda agora não é mais aumentar as fontes de energia, mas diminuir a poluição das diversas fontes emissoras de GEE. De modo geral, essa transição não possui um nicho tecnológico específico, visa substituir as fontes energéticas atuais, devido à demanda por menos poluição e por mais energia de qualidade, podendo ser gerada por várias fontes de energia e possuindo uma densidade energética baixa. Ademais, o hidrogênio não será somente importante no setor energético, como no de transporte, químico, em refinarias, fertilizantes, entre outros, além de poder ser exportado para locais com alta demanda e baixa capacidade de produção.

Como parte da estratégia de qualquer país, deve-se refletir primeiramente quais seriam os benefícios econômicos e sociais de exportar hidrogênio para outras nações. Cada local tem suas características e estratégias de mercado. No caso do Brasil, existem também certas especificidades, como o fato de 45% da matriz já ser baseada em energia renovável, o que torna difícil argumentar pela necessidade de mudanças com base na descarbonização junto ao setor produtivo. Como o País é rico em fontes de energia, uma estratégia possível seria o uso de diferentes fontes para produção de hidrogênio, em uma perspectiva de arco-íris – priorizando hidrogênio azul e verde –, além de se adaptar às características do mercado doméstico. O País também tem grandes quantidades de biomassa para a produção de hidrogênio, o que reforça o seu papel no debate ambiental, além de agregar valor aos resíduos. As oportunidades do hidrogênio seriam maiores: no setor de biomassa, devido aos grandes resíduos da agricultura e pecuária; no transporte, pela experiência com o etanol e biodiesel, e com a regulamentação no setor de transporte; na segurança energética, apesar de já ter 80% da matriz elétrica baseada em energia renovável, pode aumentar a eficiência e garantir abastecimento nas regiões rurais e remotas e nos setores de difícil mitigação, como nos baseados em energia térmica e gás natural.

Apesar desse enorme potencial, o Brasil ainda não avançou como a Colômbia e o Chile, no que tange a um plano de ação para o hidrogênio. Para realização desse processo no País, aconselha-se atenção para evitar algumas possíveis implicações negativas, como ter um foco estrito no processo de exportação, sem benefício para a sociedade (como criação de postos de trabalho, especialmente os de alta tecnologia), sem transferência de conhecimento de tecnologia (para não depender de equipamentos importados, por exemplo), e sem desenvolvimento de demanda interna (como para uso em fertilizantes). Como caminho para o Brasil, destaca-se atenção para a regulamentação do mercado, observando que se deve pensar para além de uma estratégia para o hidrogênio, considerando: a certificação do hidrogênio, definindo se o País se compromete a participar no desenvolvimento de uma certificação global de hidrogênio verde; a parte de normas de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), definindo normas para os eletrizadores; e o compromisso social, de modo que o hidrogênio seja visto não somente do ponto de vista da força de trabalho, mas de sociedade, com amplos benefícios para todos.

3.6. Comentários aos questionamentos e considerações finais dos participantes

- O governo do Chile vem planejando o transporte e a exportação do hidrogênio conforme as tecnologias disponíveis. Para exportação para Europa e Ásia, com certeza, será por navios, de uma maneira liquefeita, enquanto que, no próprio país, será por uso do sistema de gasoduto existente ou por um novo sistema construído. No entanto não se sabe, ainda, se é possível injetar hidrogênio no sistema, além de que serão necessárias algumas mudanças na regulamentação para possibilitar as mudanças. Ademais, o governo chileno ainda precisa desenvolver pesquisa para avançar no que tange à tecnologia envolvida com a produção, o armazenamento e o transporte do hidrogênio. Como outros países em desenvolvimento, o Chile também não tem muito recurso para tal, e provavelmente dependerá de importação de tecnologia. O hidrogênio pode ser produzido de diversas formas, pode ser algo globalizado, mas isso dependerá da democratização da tecnologia.
- No cenário APS, o comércio do hidrogênio e dos combustíveis à base de hidrogênio ocorrem na forma de amônia (NH_3) e no meio líquido, principalmente quando se prevê exportações entre a América do Sul, a Europa e a Ásia.
- A amônia não é somente um fertilizante, é uma indústria que ainda deve ser desenvolvida, ainda mais diante do fato de que o Brasil importa a maioria do seu fertilizante – assim como o Quênia. Como um transportador de hidrogênio, a amônia é mais fácil de ser transportada do que o hidrogênio, pois esse tem uma grande massa e um baixo volume de energia (e seria melhor exportado por meio de gasodutos). Exportar amônia ainda tem a vantagem de não exportar carbono, diferentemente da exportação do metano (CH_4). Para a exportação do hidrogênio do Brasil para Europa e Ásia, como mencionado, o melhor caminho seria via transporte marítimo e na forma líquida. Para isso, o hidrogênio precisa ser pressurizado – até se tornar líquido –, ou transportar a amônia, que tem uma boa proporção de hidrogênio por nitrogênio.
- É difícil fazer uma previsão de qual seria o ponto de virada para que o hidrogênio se torne um produto de exportação, além de atendimento da demanda doméstica. Os indicadores de custo-benefício do hidrogênio na América Latina apontam para uma estratégia de exportação de vários países, entre eles Brasil, Chile, Colômbia, Peru, Bolívia e Argentina, pois, de modo geral, são países com recursos abundantes, competitivos e de baixo custo, em que o hidrogênio pode ser facilmente produzido. No Chile, devido às ambições de descarbonização até 2050, viabilizadas pelo uso do hidrogênio, é previsto que haja o atendimento ao uso doméstico em sua totalidade, e só posteriormente qualquer consideração sobre a exportação.
- Na Rússia, o uso dos gasodutos existentes para o transporte de hidrogênio ainda deve ser testado. Caso haja necessidade de construir novos canais para esse combustível, talvez essa estratégia não seja vista como economicamente viável, pois não será competitivo quando comparado a manter a produção à base de combustíveis fósseis.
- Em específico à produção do *Nord Stream* (um sistema de gasoduto de gás natural *offshore* no Mar Báltico, indo da Rússia até a Alemanha), que será exportada para a Alemanha, de modo que o país atinja o processo gradual de descarbonização da economia, existem diversas negociações. Do lado da Alemanha, há a demanda de que

o hidrogênio seja transportado pelos gasodutos já existentes da Rússia. No entanto os *experts* russos acreditam que a estrutura de metal desse gasoduto não conseguirá comportar a mesma quantidade de combustível que hoje tem capacidade. Outra ideia é a construção de instalações de hidrogênio verde e azul na costa alemã do Mar Báltico onde a *Nord Stream* emerge. Nesse caso, o interesse seria pelo uso do gás natural para a produção do hidrogênio do lado alemão, o que evitaria a necessidade de reforma do gasoduto existente e os custos associado – que não seria benéfico para nenhum dos países. Essa decisão será política, pois a Alemanha e UE devem decidir se, com as metas de descarbonização, a produção de itens de baixo carbono por meio do uso de hidrogênio produzido por gás natural será competitiva.

- A Rússia provavelmente não vai investir em reformar o sistema todo de gasoduto para o hidrogênio, pois o hidrogênio marrom se tornaria inviável. Em específico à exportação da Rússia para Japão e China, o hidrogênio deverá ser transportado até as ilhas japonesas, por meio do transporte marítimo, assim como a Austrália vem testando.
- Em relação ao uso de hidrogênio pela frota de ônibus de Moscou, como exemplo, será avaliado se os benefícios econômicos e ambientais associados ao seu uso são maiores do que os custos associados em trocar toda a frota. Ademais, como nenhuma cidade tem capacidade instalada para estocagem de hidrogênio, isso também terá que ser considerado.
- Para que haja essa mudança de uso de gás natural, bastante abundante na Rússia, para o uso de hidrogênio, o país terá que investir em políticas com altos subsídios e apoios financeiros, pois os consumidores e as indústrias não querem ter custos mais altos devido às metas de descarbonização. No momento, os principais setores impulsionando a indústria de hidrogênio são o de alumínio e indústria química, que querem migrar do uso de carvão. No entanto, para que isso ocorra, o governo precisa investir fortemente em pesquisa e desenvolvimento de tecnologia, além de subsídios para que o hidrogênio se torne competitivo.
- O Quênia prevê uma transição para o hidrogênio verde principalmente com base no setor agrícola, e espera-se que a criação de uma cadeia de valor envolvendo esse e a amônia verde (para uso doméstico e exportação) criará a condição de geração de empregos e da transição energética verde – com outros benefícios sociais e econômicos. Em relação à energia elétrica, no momento 75% dos quenianos têm acesso, sendo previsto o alcance de 100% nos próximos dois anos. O hidrogênio verde será crítico para estabilizar o *grid* do país, mas ainda é necessário muito conhecimento acerca do processo de transporte e armazenamento dos produtos.
- Como regra geral, o hidrogênio sempre será uma segunda opção, pois nunca será mais eficiente do que o uso direto da outra fonte de energia. Para o caso do etanol em um carro a combustão, por exemplo, ainda é melhor usar o etanol, do que o usar para adquirir hidrogênio e então o usar nos carros, pois o processo de transformação do combustível leva a perdas energéticas.
- O hidrogênio não é uma energia primária; para a sua produção, é preciso bastante energia. O papel principal dessa fonte será no armazenamento de energia produzida em excesso, sem demanda. Por exemplo, na Dinamarca, quando as indústrias estão fechadas, mas, ainda, está sendo produzida energia eólica, o excedente de energia pode ser armazenado e utilizado posteriormente. No Brasil, o melhor potencial é com o uso

de resíduos da biomassa do etanol, da produção de cana, e da agricultura e pecuária para a produção de hidrogênio. Também pode ser produzido biogás por meio do processo de fermentação natural dos resíduos, com posterior processo e estocagem. Desse modo, estaria havendo uma extração de carbono da atmosfera, pois o carbono biogênico liberado estaria sendo novamente extraído.

- O biogás é basicamente composto de metano e possui bastante umidade. Para usá-lo, deve ser feito o processo de retirada da umidade e transformá-lo em biogás puro, ou metano puro, diferentes vetores de energia, com distintos valores de mercado. A produção do hidrogênio com essa fonte teria maior valor de mercado, mas o estado atual da tecnologia ainda não é suficientemente avançado para que os preços do hidrogênio sejam, de fato, competitivos.
- O Brasil ainda possui um grande caminho à frente na era do hidrogênio, pois tem forte desenvolvimento tecnológico na área desde os anos 70, o que, inclusive, lhe rende espaço na *Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy* (IPHE). Agora é importante que o País possa usar as diferentes capacidades científicas e tecnológicas que já construiu, com o conhecimento sobre gás na indústria de petróleo, biogás, regulamentação, transições energéticas, e monte uma estratégia para observar onde o hidrogênio seria de grande importância, visando primeiramente à demanda interna.
- Um ponto que não foi destacado nas discussões foi o do uso da água na produção por eletrólise do hidrogênio. É preciso que seja feita uma análise integrada, pois alguns caminhos de produção usam menos esse recurso essencial.
- Foi bastante discutido o potencial dos países e das regiões, mas é preciso que haja mais empenho em entregar e implementar as tecnologias necessárias para que o hidrogênio possa fazer a sua parte no processo de descarbonização da economia mundial. Aqui deve ser pensado principalmente na tecnologia do lado da demanda, em como transportar, armazenar e entregar, coordenando os esforços e os avanços tecnológicos do lado da oferta e da demanda.
- A América Latina deve aumentar a colaboração nesse objetivo, de modo que sejam exploradas as economias de escala, compartilhadas tecnologias, harmonizados os padrões de produção e de certificação, buscando atingir algumas regionais, além das metas nacionais.
- O Quênia está focando prioritariamente na produção de hidrogênio verde para consumo doméstico, mas tem colaborado com parcerias africanas e outras internacionais para que consigam implementar hidrogênio como opção global no caminho da neutralidade de carbono.
- Tem sido observada uma grande diminuição nos custos de produção das energias solar e eólica. No entanto, ainda, não tem ocorrido o mesmo para os eletrólitos, essenciais à fabricação do hidrogênio verde. É necessário que haja maior desenvolvimento tecnológico nesse sentido para que os países consigam realizar essa transição de modo justo.
- A transição energética e o processo de descentralização do sistema energético têm potencial de transformar algumas economias em desenvolvimento em potenciais atores da Era do Hidrogênio Verde, mas para isso é necessário que seja observada a questão hídrica, que precisa ser abordada de maneira mais séria nas discussões do tema.



- É preciso refletir em como a Era do Hidrogênio pode contribuir na diminuição da desigualdade energética do mundo, diminuindo a centralização do consumo, senão serão criadas novas dependências, redesenhadas em um selo de hidrogênio verde. Isso se reflete nos ODS, especialmente no objetivo 7, de energia limpa acessível a todos.
- Necessidade de maior discussão sobre a dimensão regional de uma nova economia baseada em hidrogênio, pois parte das decisões se dá em âmbito local, municipal, estadual (ex.: transporte urbano).
- Em relação ao aspecto jurídico, no momento, o papel do direito e dos agentes envolvidos com a regulamentação do setor é o de possibilitar a atração de investimento, dissipar entraves e criar menos barreiras para permitir que o hidrogênio possa se tornar a energia do futuro. Ao mesmo tempo, esses agentes devem tentar se aproximar dos cientistas e engenheiros da área para analisar o que vem sendo realizado e aprender mais sobre o assunto.

4. Próximos passos e encerramento

Ao final, por parte do líder da Agenda Positiva da Mudança do Clima e do Desenvolvimento Sustentável do CGEE, foi agradecida a participação de todos os palestrantes e convidados no *Webinar*, que trouxe muitas contribuições para reflexões e como subsídios para os envolvidos nas tomadas de decisão relacionadas ao hidrogênio no País e no mundo. O caminho para a Era do Hidrogênio é repleto de desafios, pois muitas rotas são possíveis, e há preocupações sobre a inserção social e o respeito aos ODS, o que reforça a importância de refletir sobre as questões de descentralização, de valorização dos recursos locais como insumo para produção, de desenvolvimento de mercados para produtos derivados do hidrogênio, seu uso agrícola, industrial, entre outros. Entretanto os desafios também apontam para a oportunidade de construir um mundo melhor, com a transição do uso de recursos fósseis, que têm provocado alterações climáticas insuportáveis à humanidade, para um cenário não somente de amplo uso do hidrogênio, mas valorizando o emprego das biomassas, a bioeconomia, as energias renováveis, como solar e eólica, e mesmo as provenientes dos oceanos, ainda pouco exploradas.

Referências

AFRICA. Associação Comercial da Parceria Africana de Hidrogênio. **Home**. 2021. Disponível em: <https://www.afr-h2-p.com>

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **PNH2. Programa Nacional do Hidrogênio, propostas de diretrizes**. 2021. 24p. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-apresenta-ao-cnpe-proposta-de-diretrizes-para-o-programa-nacional-do-hidrogenio-pnh2/HidrogênioRelatriodiretrizes.pdf>

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Hidrogênio energético no Brasil: Subsídios para políticas de competitividade: 2010-2015**. Brasília: 2010. 72 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Hidrogenio_energetico_completo_22102010_9561.pdf/367532ec-43ca-4b4f-8162-acf8e5ad25dc?version=1.5#:~:text=O%20uso%20do%20hidrog%C3%AAnio%20no,%C3%A9%20a%20efici%C3%AAncia%20energ%C3%A9tica%20sustent%C3%A1vel

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Programa Brasileiro de Células a Combustível**. 2002. 31 p. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/Programa+Bras+Cel.+Combustivel_1167.pdf/8d33d701-6b70-40c8-a184-1ae5c55a9e30?version=1.0

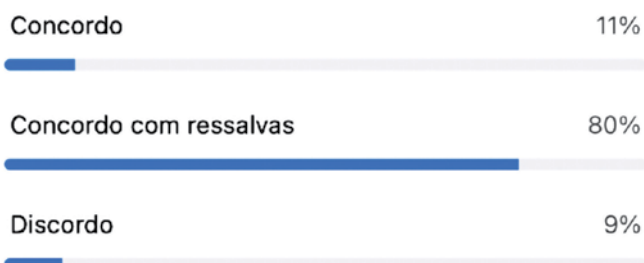
CHILE. Gobierno de Chile. **Estrategia Nacional de Hidrógeno verde: Chile, fuente energética para un planeta cero emisiones**. Santiago de Chile: 2020. 33p. Disponível em: https://energia.gob.cl/sites/default/files/estrategia_nacional_de_hidrogeno_verde_-_chile.pdf

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook 2021**. Glasgow:2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

Anexo A – Momento perguntas

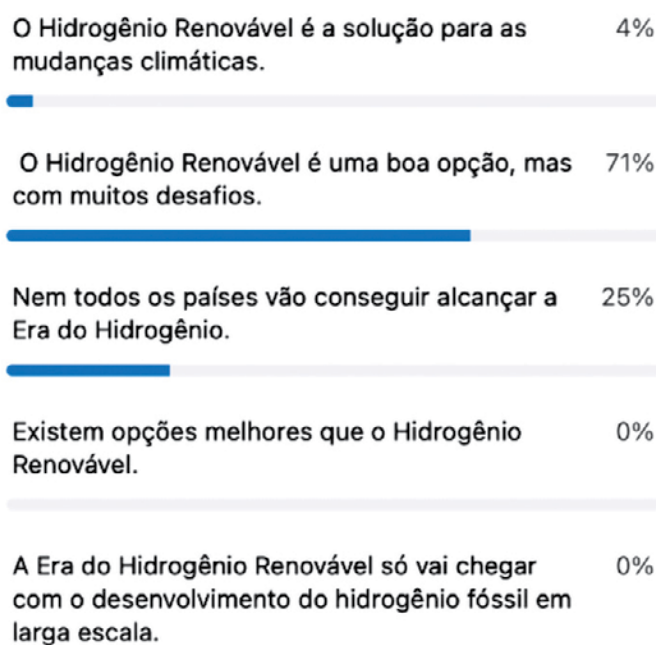
1. Webinar A era do hidrogênio renovável

1. Você acredita que o hidrogênio renovável vai resolver a questão da mudança do clima? (Single Choice) *



2. Webinar A era do hidrogênio renovável

1. Após assistir às apresentações, qual das seguintes afirmações melhor representa sua opinião sobre o hidrogênio renovável (escolha um): (Single Choice) *



Anexo B – Lista de participantes

Nome	Instituição
Adriana Capotosto	EMTU/SP
Adrielle Gerez	SP
Alvaro Monteiro	Instituto Nacional de Tecnologia
Alysson Bernabel	EMTU/SP
Amanda Ohara	iCS
Ana Aquino	Embaixada do Brasil em Berlim
Anna Lis Costa	Distrito Federal
Ayri Trancoso	Petrobras
Belen Ruiz	PUC
Bianca Torreão	CGEE
Chad Riggle	Instituto Recôncavo de Tecnologia
Christian Lyrion de Barros Fontão	Unipampa
Clarissa Lima	Rolim advogados
Claudio Augusto Oller do Nascimento	São Paulo
Cristine Carneiro	BA
Daniela Abaunza	UE
Daniella Fartes	CGEE
Diego-Intérprete	Intérprete
Eduardo Soriano	MCTI
Edvaldo Moraes	LNBR/CNPEM
Elaine Nehme	CGEE
Elba Oliveira	Instituto Nacional de Tecnologia
Emilly Silva	CGEE
Fernanda Guedes	BEP/ASI
Flávia de Teixeira	Engie
Guilherme Rodrigues Lima	CBC
Homel Marques	Projeto CITInova MCTI
Iago Izidório Lacerda	Universidade Federal de Ouro Preto
Itiane Thayna	UnB
Jairo Coura	MCTI
Javier Jorquera Copier	IEA
Jean Campos	CGEE

Nome	Instituição
Jeremiah Oigara	MMU
Jesús Rojas	Andi
João Arbache	CGEE
João Vitor Nunes Correia	Smartly
Jose Lourival Magri	Engie Brasil Energia
Jose Manoel Antelo Gomez	
José Mauro Morais	Ipea
Joyce Mendez	Observatorio Latinoamericano da Geopolitica da Energia
Jucimara Santos de Souza Medeiros	Sergipetec
Julia Woo	Distrito Federal
Luane Valim	Omega Energia
Luiz Felipe Faria	Petrobras
Luiz G S de Oliveira	IEA
Luiza Bazan	Adam Smith International
Manoel Regis Leal	LNBR/CNPEM
Marcelo Poppe	CGEE
Maria Vilhena	PA
Mariana Faber	INT
Marina Domingues	ABH2
Marina Tomasini	INT
Mario Leite Pereira Filho	IPT - São Paulo
Mateus Chagas	CNPEM
Muhammed Türkan	Aviation
Natasha Stéphanhy Gusmão Carvalho da Silva	Senai Cetiqt
Patrícia Mesquita	Relatoria
Paul Kanja	GIZ
Paulo Augusto Franke	GN-z11 Soluções de Engenharia
Pedro Pontes	CNI
Peter Muchiri	Energy Intelligence Africa Ltd.
Priscilla Machado Dziuba	Universidade Norte do Paraná
Regina Silverio	CGEE
Ricardo de Oliveira	RJ
Roberto Ferreira	Embraer
Rodrigo Jacob	UFRJ
Rosana Cavalcante	Ipea
Rosane Lourenço	Ipea

Nome	Instituição
Samara Santos	WWF-Brasil
Santiago Mullin	Profissional independente
Sergio Velho	Brazil
Shahid Ali	Blue Power Partners
Simon Pastor	Petrobras
Sonia Regina Mudrovitsch de Bittencourt	Distrito Federal
Susan Luz	CGEE
Susanne Wehrs Pereira Panagoulas	UK Government
Tales Simões Mattos	Petrobras
Diego Damasio	Intérprete
Tatiani Leal	Distrito Federal
Thayse Fernandes	LNBR/CNPEM
Thiago Brito	USP
Vadim Kuznetsov	Brics
Viridiana Ferreira-Leitão	INT
Vítor Ximenes	CGEE

Anexo C – Registro fotográfico

Elaine Nehme - CGEE



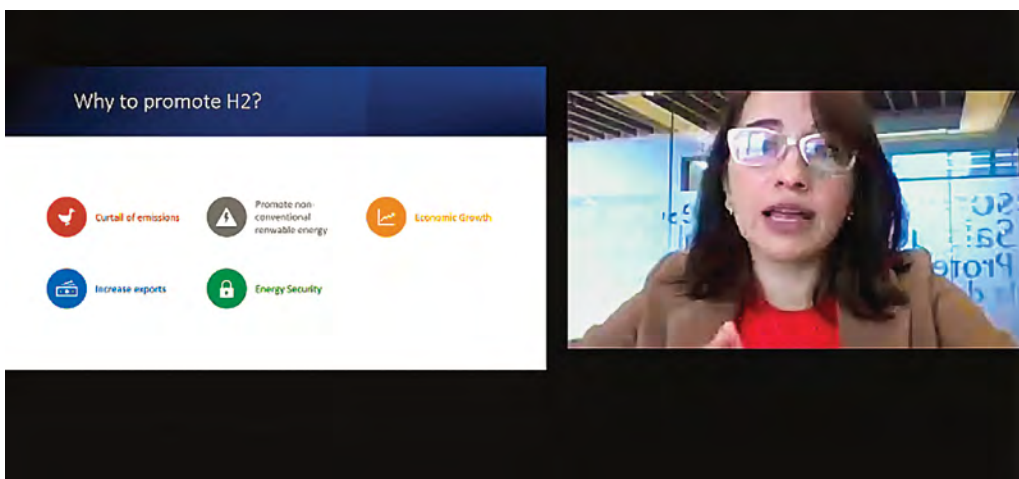
Eduardo Soriano – MCTI



Marcelo Poppe - CGEE



Daniela Abaunza - UE



Vadim Kuznetsov - Brics




Paul Kanja - GIZ

3.0 Potential Pathways in Kenya

Agriculture:
75% of fertiliser consumed in Kenya that is based on Nitrogen, Phosphorus and Potassium (CAN, DAP, NPK)

Heavy Industries: Iron, Steel and Cement manufacturing.
Cement Production (7.3m tons, 2020), 13% contribution of iron and steel in the manufacturing sector.

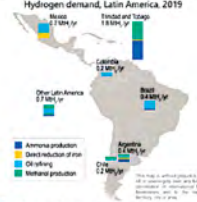
Marine transport:
Green Freight Programmes by the Northern Corridor Transit and Transport Coordination Authority (NCTTCA)- 75g/ton-km CO₂ emissions.



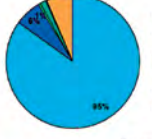
Javier Jorquera Copier - IEA

Hydrogen in Latin America today

Hydrogen demand, Latin America, 2019




Hydrogen supply by type, Latin America, 2019



Latin America already consumes large volumes of hydrogen produced almost exclusively from fossil fuels and leading to as many emissions as the transport sector in Chile.

CCU = carbon capture and utilisation




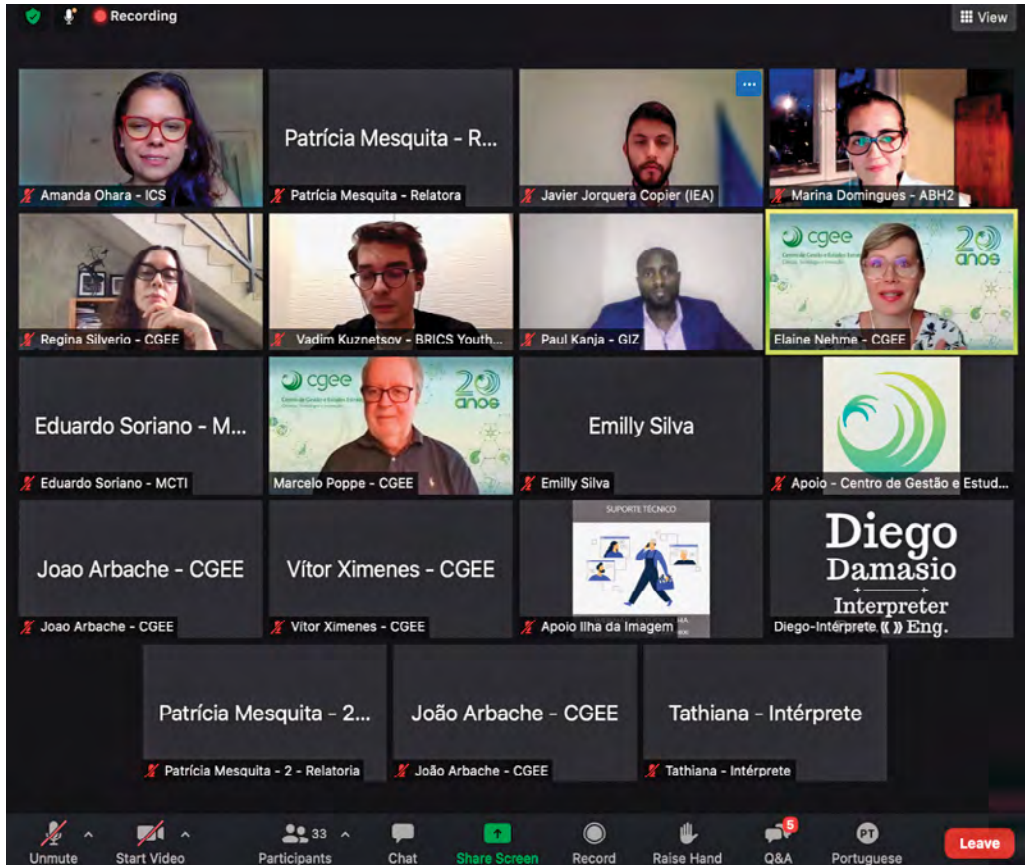
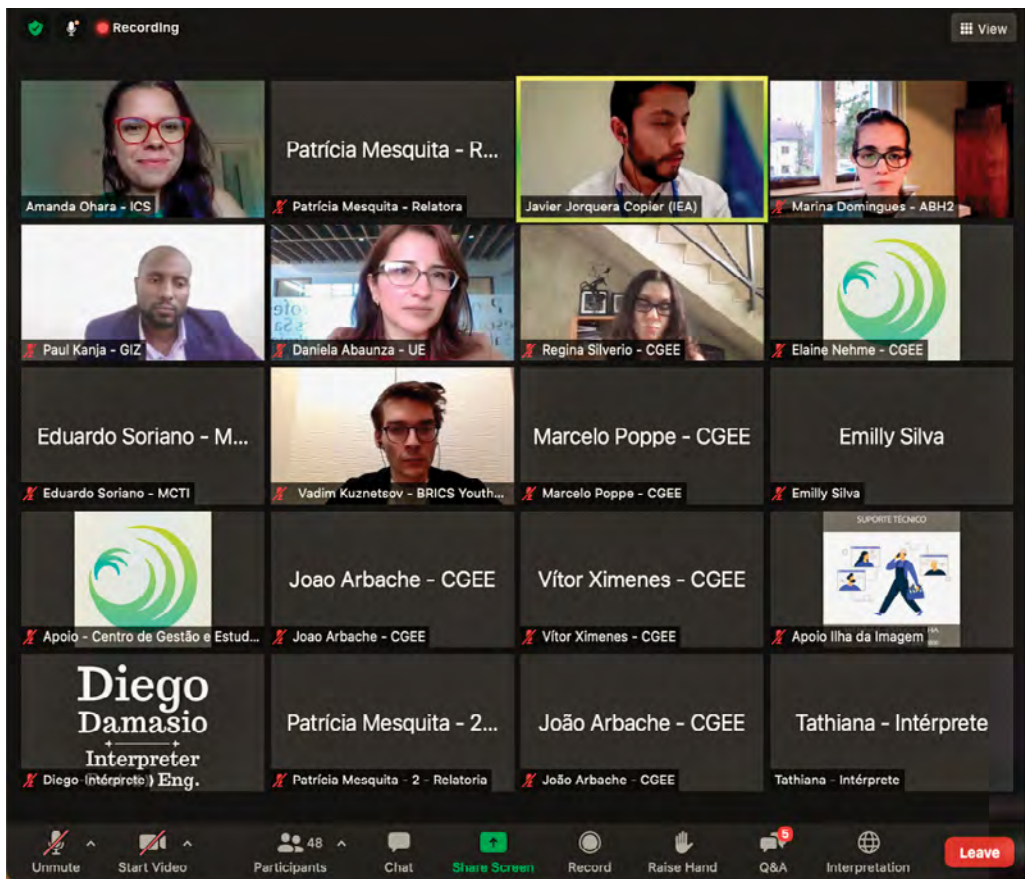
Javier Jorquera Copier (IEA)

Marina Domingues - ABH2

Energy transitions

- Substitution of previous energy sources
- Demand for less pollution – Energy quality
- No specific technological niche
- Electrification
- Multiple energy sources
- Lower energy density





Anexo D – Apresentações

Todas as informações a seguir foram fornecidas pelos respectivos palestrantes, assim como a autorização do uso e da divulgação do material.

Daniela Abaunza – Departamento de Direito Mineiro Energético, Universidade Externado, Colômbia
Avanços da indústria do hidrogênio na Colômbia



Why to promote H2?



Curtail of emissions



Promote non-conventional renewable energy



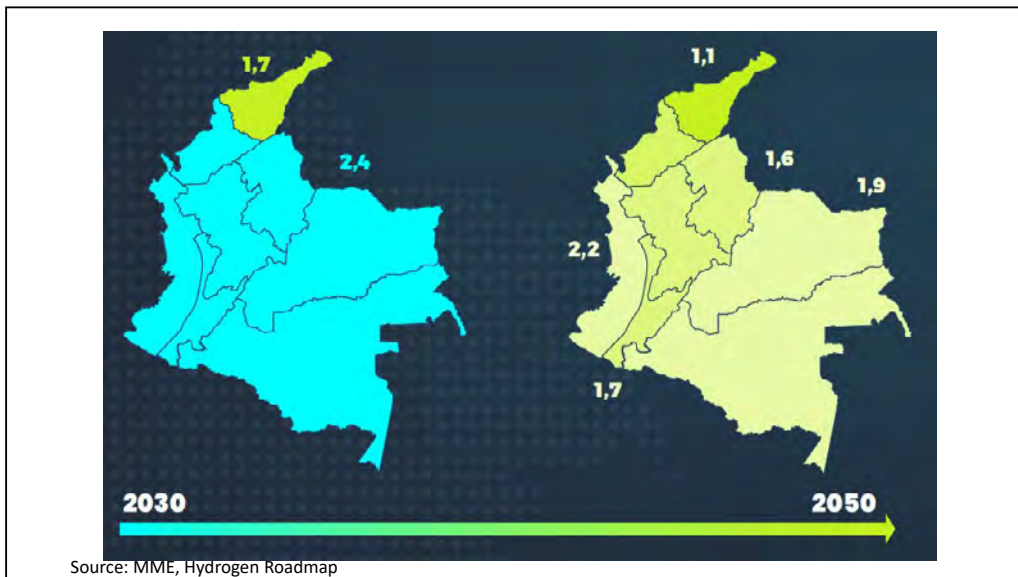
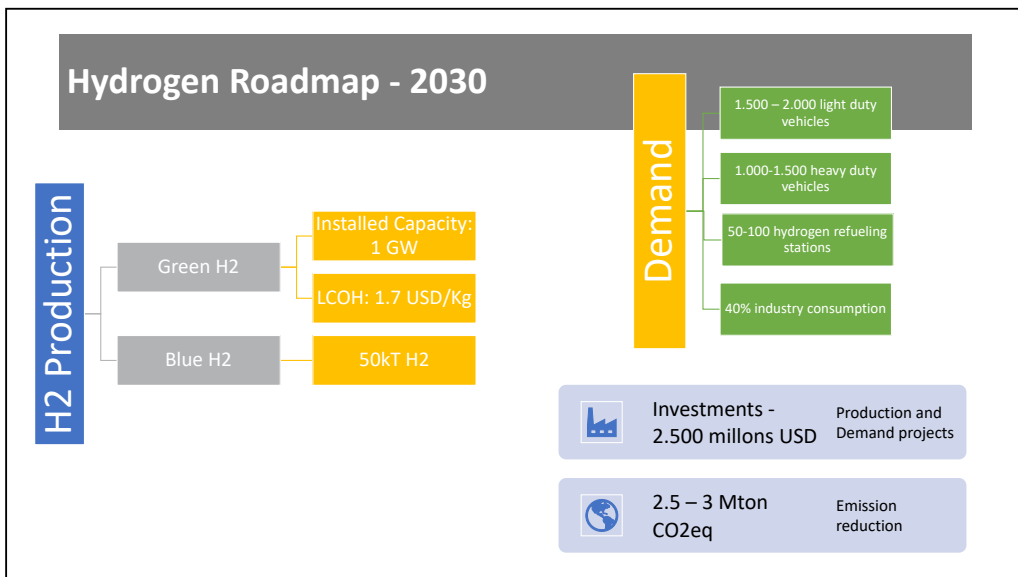
Economic Growth



Increase exports

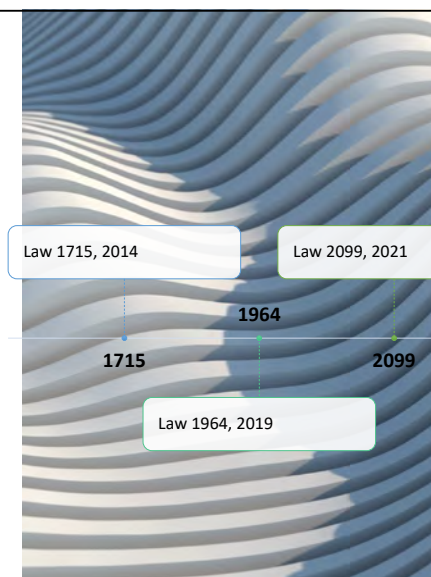


Energy Security



Legal Advances

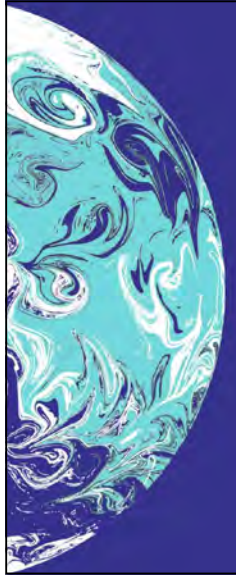
- Tax incentives
- Custom incentives
- Access to public funds- FENOGRE
- Regulation to promote research
- Possibility of regulatory sandbox



New opportunities come with challenges

Vadim Kuznetsov – Gerente da Plataforma de Metas de Desenvolvimento Sustentável, BRICS Youth Energy Agency, Rússia

Desenvolvimento de energia pelo hidrogênio na Rússia – preparando um futuro limpo



Developing Hydrogen Energy in Russia Preparing a Clean Hydrogen Future

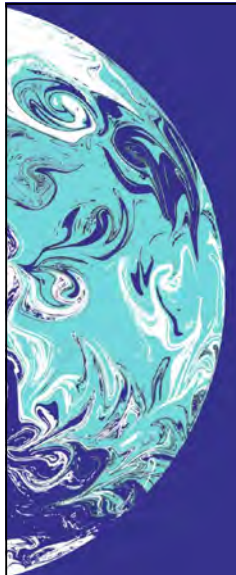


**BRICS
YEA**
BRICS YOUTH ENERGY AGENCY

Vadim Kuznetsov

Director, Sustainability and Climate
BRICS Youth Energy Agency

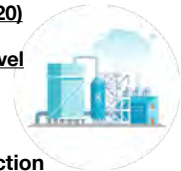
November 23, 2021



Developing Hydrogen Energy in Russia: Strategies in Place

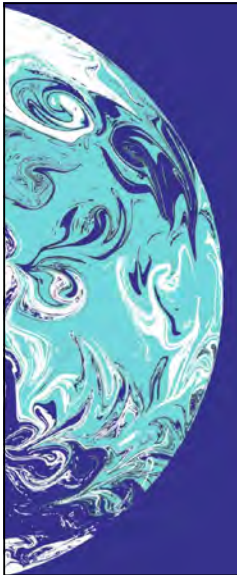
Roadmap for hydrogen development until 2024 (October, 2020)

Strategy for social and economic development with a low level
of greenhouse gas emissions through 2050 (October, 2021)



- R&D of pilot equipment for carbon-free hydrogen production
- manufacturing and testing
- development of a hydrogen-based railway transport
- enabling safe transportation and storage

- using excessive electricity generation for hydrogen production



Developing Hydrogen Energy in Russia: Strategies in Place

Roadmap for hydrogen development until 2024 (October, 2020)

The main criterion for assessing hydrogen energy technologies in terms of impact on climate

Carbon footprint throughout the life cycle of hydrogen energy carriers

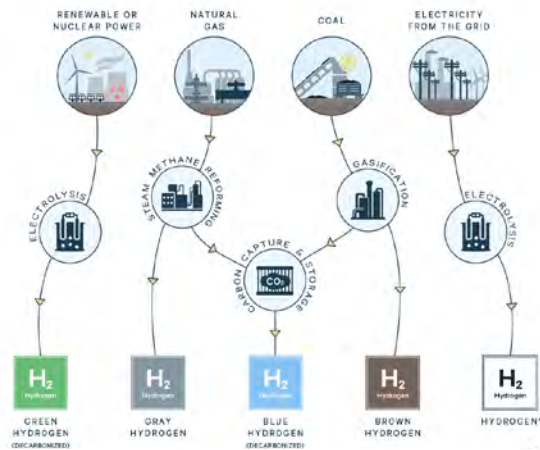


Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon and Carbon-free at its Core

Up to 0.2 mill tonnes in 2024

Up to 12 mill tonnes in 2035

Up to 50 mill tonnes in 2050



Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon at its Core



Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon at its Core

North-Western

- H2 exports to the EU
- EU CBAM → decarbonizing exports to EU

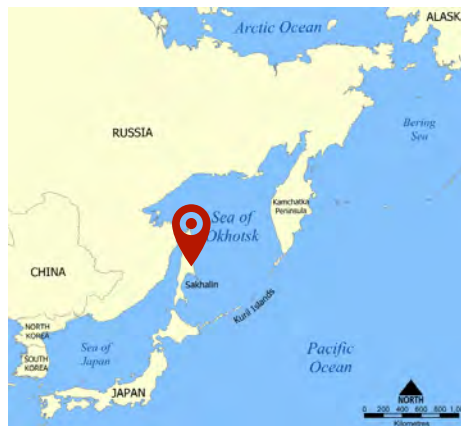


Kolskaya Wind Park, Murmansk region

Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon at its Core

Eastern

- H2 exports to the Asian region
- H2 transport (Sakhalin railway)
- Sakhalin region to go net-zero by 2025



A new wind park to be completed in 2023 on Sakhalin island

Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon at its Core

Southern

- Domestic industrial energy supply
- Potential H2 exports through major Black sea ports



Maloderbetovskaya Solar Facility, Kalmyk Republic

Developing Hydrogen Energy in Russia: Low-carbon at its Core

Arctic

- Autonomous energy supply in the Russian Arctic regions
- Potential H2 exports or H2-based energy substances exports



Science Station «Snowflake» to be completed in 2022, Yamal Autonomous Region

Let's cooperate!
soon → Rio+30 Summit

email: kuznetsov@yeabrics.org

Vadim Kuznetsov

BRICS Youth Energy Agency



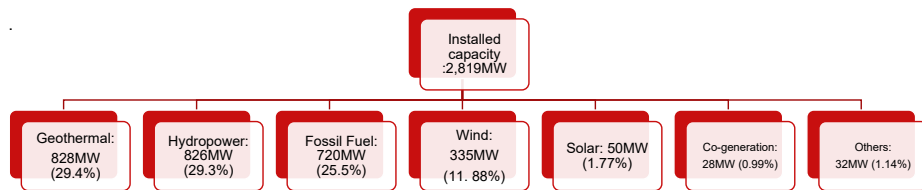
Green Hydrogen Development in Kenya

The Age of Renewable Hydrogen Dialogue

Paul N. Kanja
23.11.2021

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

1.0 The Energy-Water Situation In Kenya



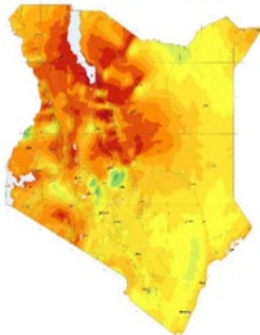
- Highest Peak Demand: **1,944MW (68.96%** of installed)
- **74.5%** of the Installed capacity is RE
- **+90%** of electricity generation is RE
- **+75%** Electricity access rate
- **619 million M³** Total groundwater potential

Page 2

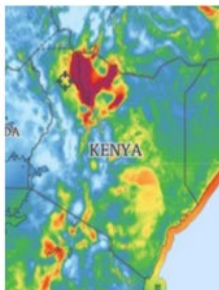


1.1 Location Advantage

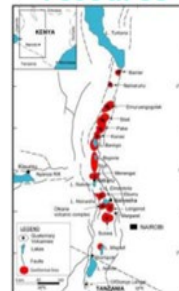
Solar resource



Wind resource



Geothermal resource



RE Potential:

Solar: 15,000MW

Wind: 1,073,500MW

:242,600MW (>7.5m/s)

:139,600MW (>8.5m/s)

Geothermal: 10,000MW

Good potential for cheap GH₂ production.

Page 3



2.0 The Green Hydrogen Baseline Study (in progress)

Detailed assessment of PtX opportunities for Kenya including;

- The associated costs,
- benefits and risks involved,
- prioritisation of possible technological and industrial pathways and
- honest discussion of the pros and cons from Kenyan point of view of pursuing any or all of the analyzed alternative avenues.

Outline of an action plan to support the effective deployment of PtX in Kenya in the short, medium and long term; The action plan shall cover:

- Recommended studies to address the gaps outlined above;
- Research, Development & Innovation,
- Capacity Development through training,
- Local contribution,
- Investment/ financing requirements,
- Regulation and policies improvement and or formulation,
- Required infrastructural development

Page 4 

3.0 Potential Pathways in Kenya

Agriculture:

75% of fertiliser consumed in Kenya that is based on Nitrogen, Phosphorus and Potassium (CAN, DAP, NPK)

Heavy Industries: Iron, Steel and Cement manufacturing.

Cement Production (7.3m tons, 2020), 13%-contribution of iron and steel in the manufacturing sector.

Marine transport:

Green Freight Programmes by the Northern Corridor Transit and Transport Coordination Authority (NCTTCA)- 75g/ton-km CO₂ emissions.

Page 5 

Q & A

Paul N. Kanja, P.Eng.Tech, MIET

Paul.kanja@giz.de

Page 6 | 



Javier Jorquera – Analista da Agência Internacional de Energia – IEA, Chile
 Perspectivas para o hidrogênio renovável na América Latina: Chile

International Energy Agency

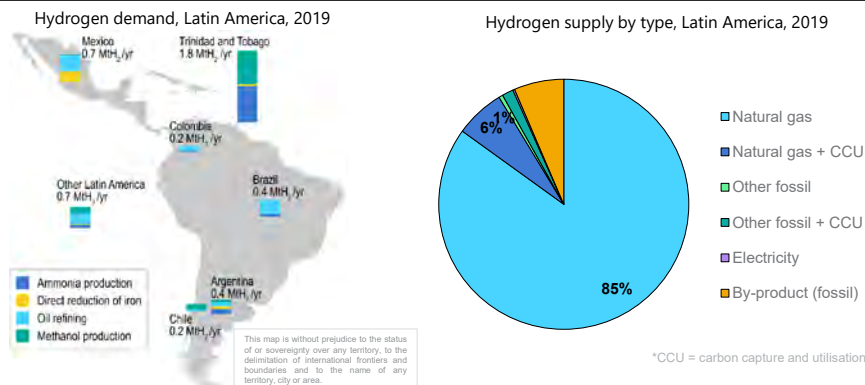


Perspectives of renewable hydrogen in Latin America: Chile

Javier Jorquera, Junior Analyst, International Energy Agency
 The Age of Renewable Hydrogen, CGEE, 23 November 2021

IEA 2020. All rights reserved.

Hydrogen in Latin America today



Latin America already consumes large volumes of hydrogen produced almost exclusively from fossil fuels and leading to as many emissions as the transport sector in Chile.

IEA 2021. All rights reserved.



Chile is already acting to deploy renewable hydrogen

- Some existing uses of hydrogen in Chile: refining, methanol production.
- Hydrogen Strategy (November 2020) with initiatives already being executed
- Electrolysis target by 2030 (25 GW) comparable with the EU ambition (40 GW)
- Low-carbon hydrogen projects: as of August 2021, one operational pilot and at least 10 projects announced (5 of them GW-scale)
- Target sectors: mining, heavy transport, industry, exports, refining, among others
- Focus on domestic consumption in the short term to scale up export capacity in the long run

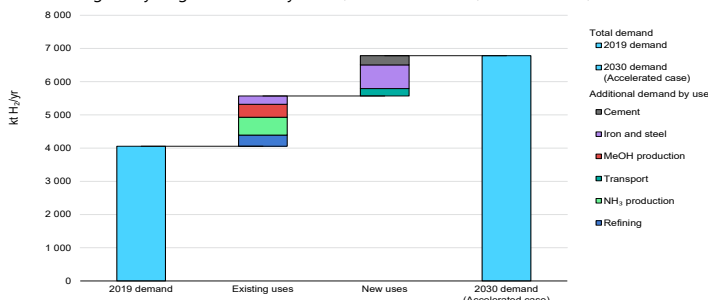
Chile's government, private sector and academia are already advancing towards hydrogen deployment

IEA 2021. All rights reserved.



Hydrogen demand to 2030

Change in hydrogen demand by sector, Accelerated case, Latin America, 2019-2030



Note: The Accelerated case reflects an optimistic vision for the deployment of hydrogen end-use technologies to 2030, assuming that more ambitious energy- and climate-related policies are put in place and that the required techno-economic and infrastructure progress for the analysed applications will be achieved by that year.

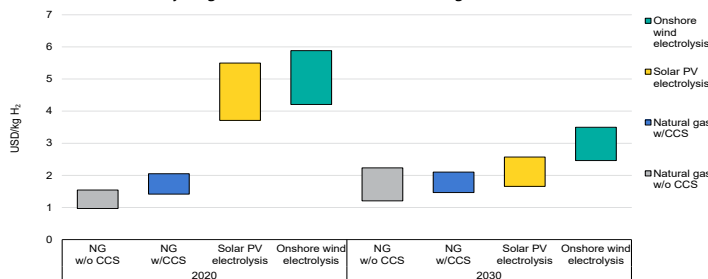
Hydrogen could reach new demand sectors by the end of the decade, but existing uses will continue to dominate total demand.

IEA 2021. All rights reserved.



Deploying low-carbon hydrogen production

Levelised cost of hydrogen (LCOH) for selected technologies in Latin America, 2020-2030



Note: NG w/o CCS = natural gas-based hydrogen production without CCS; NG w/CCS = natural gas-based hydrogen production with CCS. Assumptions: discount rate = 8%; system lifetime = 25-30 years; natural gas price = USD 3.7/MMBtu (2020 and 2030); solar PV electricity cost = USD 27-43/MWh (2020) and USD 19-30/MWh (2030); onshore wind electricity cost = USD 40-57/MWh (2020) and USD 35-50/MWh (2030); CCS price = USD 9-16/t CO₂ (2020) and USD 18-30/t CO₂ (2030). NG w/o CCS: CAPEX = USD 1010/MW H₂; OPEX = 4.7% of CAPEX; LHV efficiency = 70%; load factor = 80%. NG w/CCS: CAPEX = USD 1414/MW H₂ (2020) and USD 1489/MW H₂ (2030); OPEX = 4% of CAPEX; LHV efficiency = 68%; load factor = 80%; capture rate = 90%. Electrolysis: CAPEX = USD 1 071-1 477/MW (2020) and USD 298-436/MW (2030); OPEX = 0.3% of CAPEX; LHV efficiency = 65% (2020) and 69% (2030); solar PV load factor = 20% (2020) and 32% (2030); onshore wind load factor = 35% (2020) and 50% (2030).

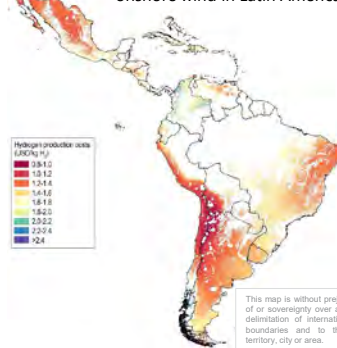
Latin America can retrofit existing production facilities with CCS and produce hydrogen from water and low-carbon electricity, which could already be the most competitive option in the best locations by 2030.

IEA 2021. All rights reserved.



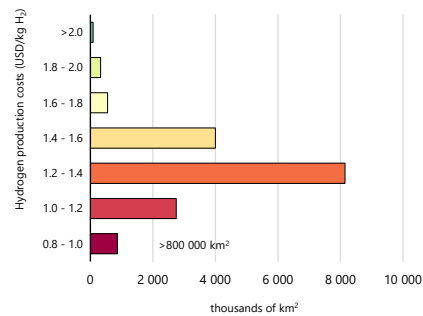
Scaling up low-carbon hydrogen production

LCOH via electrolysis powered by hybrid solar PV and onshore wind in Latin America, 2050



This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

Distribution of hydrogen production potential in Latin America, 2050



In the long-term, Chile and other Latin American countries can produce large amounts of competitive low-carbon hydrogen, creating opportunities for international trade of low-carbon products.

IEA 2021. All rights reserved.

iea

Chile has an important long-term hydrogen export potential

Hydrogen trade flows to Japan and Korea in the Announced Pledges Scenario (APS) in 2050



Trade of hydrogen and hydrogen-based fuels represents 20% of global demand by 2050 in the APS, with Chile being a key player along with Australia, the Middle East and North Africa.

IEA 2021. All rights reserved.

iea

Innovation and technological development will be crucial

- LatAm has successful examples of technological development (biofuels - BR, NG - AR)
- Some hydrogen applications (e.g. high-altitude mining) will need tailor-made solutions
- Hydrogen technology manufacturing presents large opportunities for Chile in the long run (GIZ & Hincio, 2020), but no public commitment to manufacture technologies has been announced
- Establishing a production chain (e.g. alkaline electrolyzers) could be feasible (compared with e.g. solar panels) and convenient, given the important hydrogen-related ambitions
- Regional collaboration: Pooled R&D resources, economies of scale, enabling infrastructure

No technological role has been clearly defined and there are many opportunities for regional collaboration

IEA 2021. All rights reserved.

iea



IEA 2021. All rights reserved.

Water consumption needs to be studied from a holistic perspective

- In some cases electrolysis can be the hydrogen production process with the smallest total water requirements (Hydrogen Council, 2021)
- Replacing fossil fuels with hydrogen in end uses could also reduce total water requirements
- Specific studies required to assess various water supply pathways (desalinated/reclaimed water) and evaluate their risks depending on the location
- Gap to address in terms of knowledge of the impacts of desalinating water in Chile and its regulation
- In general, policies may be needed to ensure proper prioritization of water resources

Water requirements need to be assessed not only on the production side, and further systemic studies may be required to plan for the most water-efficient energy use

IEA 2021. All rights reserved.





Marina Domingues – Secretária Executiva, Associação Brasileira de Hidrogênio – ABH2, Brasil
Tecnologias do hidrogênio no Brasil

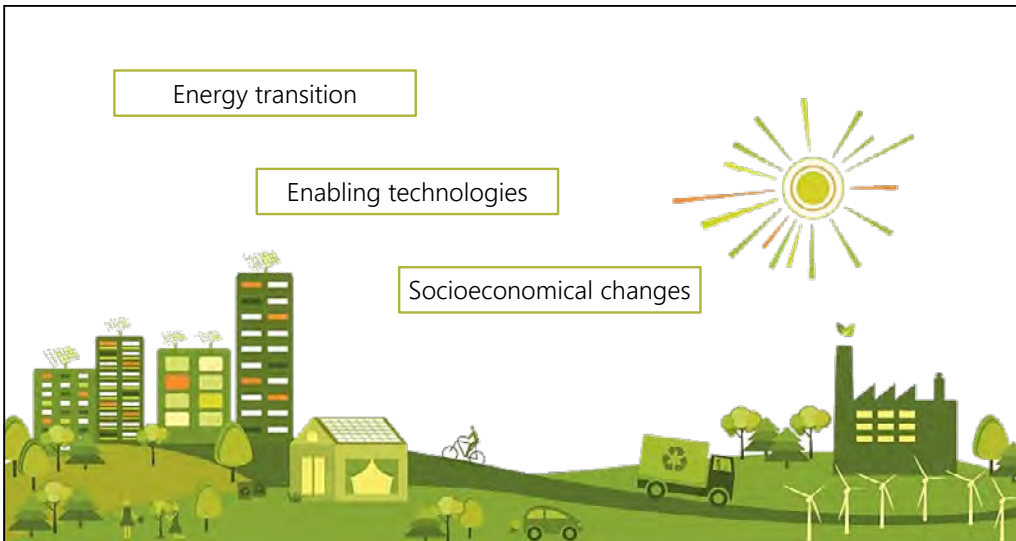
Hydrogen Technologies in Brazil

Marina Domingues, Ph.D.
Universiade Federal de Minas Gerais
Brazilian Hydrogen Association



INTERNATIONAL DIALOGS: THE AGE OF RENEWABLE HYDROGEN
NOVEMBER 23RD, 2021





The Green Era



UFMG cgee

Global Production Chain

1970

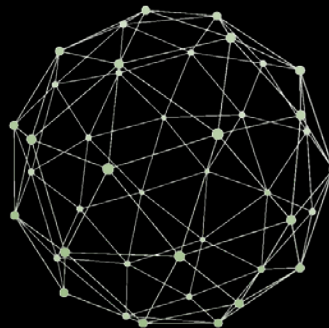
Financial globalization

1980

Commercial globalization

1990

Production globalization



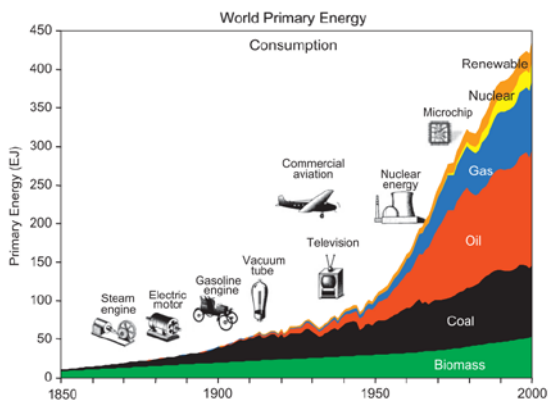
UFMG cgee



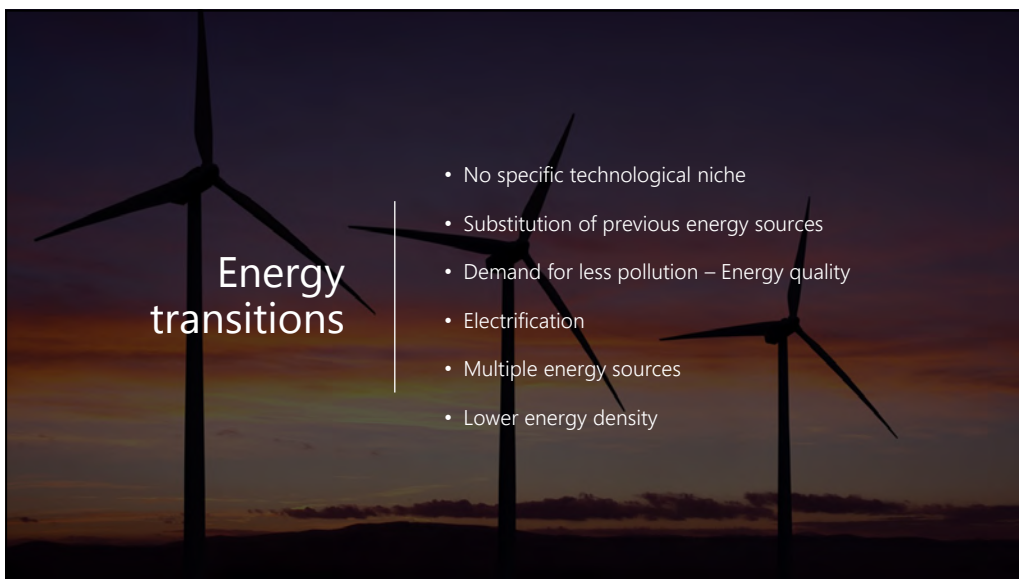
Energy transitions

Higher relative increase in consumption of a primary source compared to others

- ✓ Increase in the energy consumption
- ✓ Technological niche for new energy source



UFMG cgee



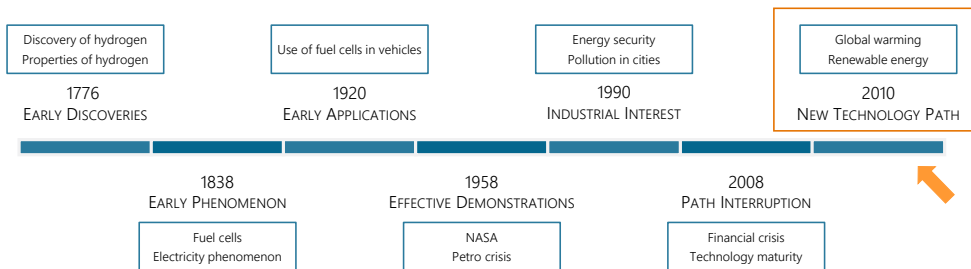
Energy transitions

- No specific technological niche
- Substitution of previous energy sources
- Demand for less pollution – Energy quality
- Electrification
- Multiple energy sources
- Lower energy density

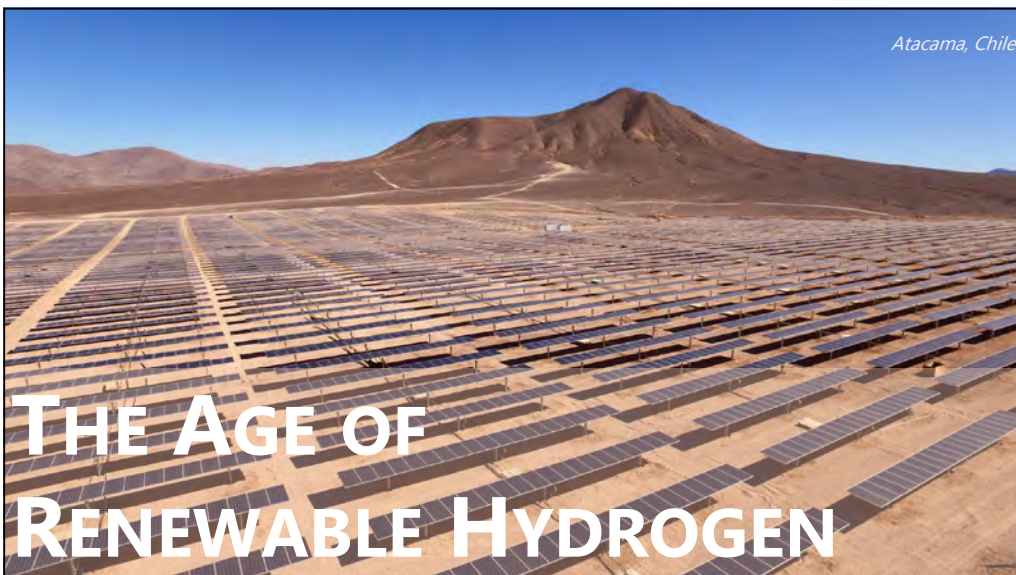


DECARBONIZATION

Hydrogen technologies



UFMG cgee



Atacama, Chile

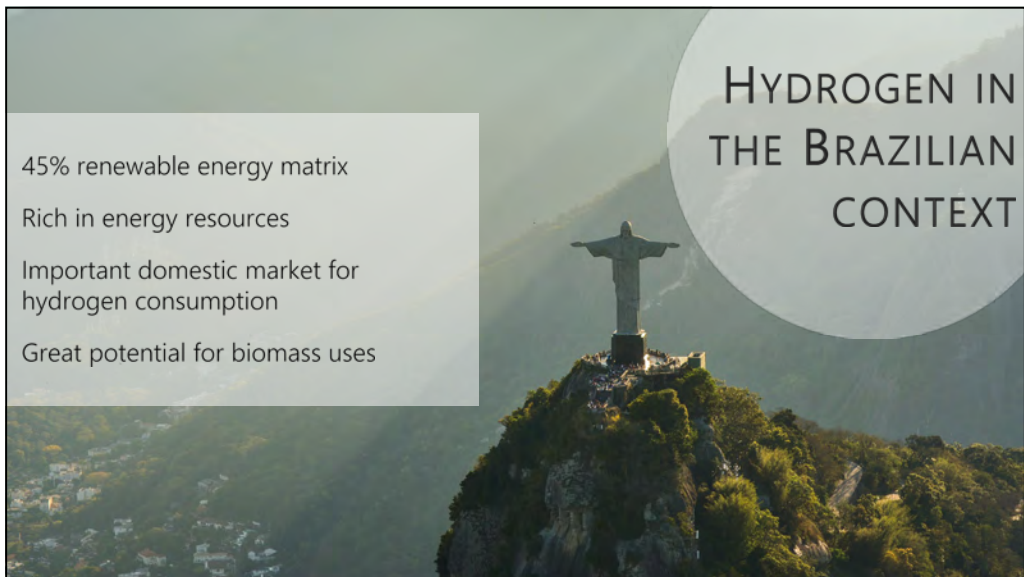
THE AGE OF RENEWABLE HYDROGEN



WHAT ARE, INDEED, SOCIAL AND ECONOMIC BENEFITS FOR EXPORTING NATIONS?



UFMG 



HYDROGEN IN THE BRAZILIAN CONTEXT

- 45% renewable energy matrix
- Rich in energy resources
- Important domestic market for hydrogen consumption
- Great potential for biomass uses



MAJOR HYDROGEN OPPORTUNITIES IN BRAZIL

Negative implications of H₂ to be avoided

- Exportation focus
- Global use of energy and natural resources
- No benefits for the society
- No technologic knowledge transfer
- No development of internal demand

UFMG 



- Market regulation
- Hydrogen certification
- Normalization
- Social engagement



PAVING THE WAY

Thank you

Marina Domingues, Ph.D.
marinadomingues@gmail.com

UFMG 

Lista de siglas e abreviaturas encontradas nesta publicação

- ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas
- APS | *Announced Pledges Scenario*
- ABH2 | Associação Brasileira do Hidrogênio
- Brics | Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul
- CGEE | Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
- CH₄ | metano
- CNPE | Conselho Nacional de Política Energética
- GEE | gases de efeito estufa
- GIZ | Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
- GW | gigawatt
- iCS | Instituto Clima e Sociedade
- IEA | Agência Internacional de Energia, em inglês *International Energy Agency*
- iNDC | Contribuições Nacionalmente Determinadas, em inglês *Intended Nationally Determined Contributions*
- IPHE | Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy
- LCOH | custo nivelado de produção de hidrogênio, em inglês *levelized cost of hydrogen*
- MCTI | Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
- MME | Ministério de Minas e Energia
- Mton CO₂ Eq | megatonelada de dióxido de carbono equivalente
- MW | megawatts
- NCTTCA | *Northern Corridor Transit and Transport Coordination Authority*
- NH₃ | amônia
- ODS | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
- ProCac | Programa Brasileiro de Células a Combustível
- PtX | Power to X
- UE | União Europeia
- UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais

