



Energias Renováveis na Ótica da Sustentabilidade para a Competitividade Portuária: Hidrogênio Verde e o Hub de Pecém

Renewable Energies from the Perspective of Sustainability for Port Competitiveness: Green Hydrogen and the Pecém Hub

Mateus Araujo de Almeida¹

mateus.almeida5@fatec.sp.gov.br

Mívia Almeida¹

mivia.almeida@fatec.sp.gov.br

Sabrina Vitória Lemes¹

sabrina.lemes01@fatec.sp.gov.br

Vitor Lopes Vieira¹

vitor.vieira7@fatec.sp.gov.br

Alexandre Ricardo Machado¹

alexandre.machado01@fatec.sp.gov.br

1. Faculdade de Tecnologia da Baixada Santista

RESUMO.

Com o advento das questões climáticas no mundo, os países vêm buscando formas de buscar a descarbonização das atividades produtivas. Em 2021, o mundo teve 131 projetos de matriz de hidrogênio verde, aproximadamente investimentos de mais de 500 bilhões de dólares. Com a Guerra da Ucrânia, os efeitos se desdobraram em uma crise energética na Europa devido ao gás russo, que acelerou o processo de transição energética. Os principais poluidores buscam alternativas para o desenvolvimento sustentável onde setores de energia e transporte são grandes poluidores. O setor portuário tem grandes perspectivas de investimentos nessa área. Atualmente, os custos de produção do hidrogênio verde são ainda maiores quando comparados ao hidrogênio gasoso, com média de US\$ 6 por quilo contra US\$ 1,5/kg. Mesmo com maior custo imediato, o investimento é para uma longevidade do mundo, precisando evitar o aumento da temperatura, e como a energia representa grande parcela poluidora a mudança deve dar o start por ela. O objetivo principal do presente trabalho busca analisar o porto de escolha, seus aspectos de competitividade, administração, competitividade portuária e seu crescimento no cenário nacional. Os métodos para a pesquisa foram: pesquisa exploratória, pesquisa bibliográfica, pesquisa qualitativa e quantitativa.

Palavras-chave. *Transição Energética. Hidrogênio Verde. Competitividade. Desenvolvimento Sustentável.*

ABSTRACT.

With the advent of climate issues in the world, countries have been looking for ways to seek the decarbonization of productive activities. In 2021, the world had 131 green hydrogen matrix projects, approximately investments of more than 500 billion dollars. With the Ukraine War, the effects unfolded in an energy crisis in Europe due to Russian gas, which accelerated the energy transition process. The main polluters seek alternatives for sustainable development where energy and transport sectors are major polluters. The port sector has great prospects for investments in this area. Currently, production costs for green hydrogen are even higher when compared to gaseous hydrogen, averaging US\$6 per kilogram versus US\$1.5/kg. Even with a greater immediate cost, the investment is for the longevity of the world, needing to avoid the increase in temperature, and as energy represents a large polluting portion, the change must start with it. The main objective of this work seeks to analyze the port of choice, its aspects of competitiveness, administration, port competitiveness and its growth in the national scenario. The research methods were: exploratory research, bibliographical research, qualitative and quantitative research.

Keywords. *Energy Transition. Green Hydrogen. Competitiveness. Sustainable development.*

1. INTRODUÇÃO

Com o advento das questões climáticas no mundo, os países vêm buscando maneiras de buscar a descarbonização das atividades produtivas, acordos e tratados vem entrando em vigor entre todos, à exemplo o Acordo de Paris, cujo busca a redução da emissão de gases do efeito estufa (GEE) auxiliando na questão climática e homeostase do planeta. O hidrogênio entra com grande força neste cenário, pela possibilidade de ser produzido por energias limpas, no caso brasileiro com energia eólica, solar e hidrelétricas.

O mundo em 2021, passou a contar com 131 projetos de matrizes de hidrogênio verde, aproximadamente investimentos de mais de 500 bilhões de dólares. Esses dados demonstram a tendência do mercado na exploração de energias renováveis alternativas aos combustíveis fósseis. Com a Guerra da Ucrânia, os efeitos se desdobram em uma crise energética na Europa por conta do gás russo, o que acelerou todo o processo de transição energética.

As discussões de aquecimento global e de poluição não são novas, porém os efeitos estão cada vez mais perceptíveis com o aumento da temperatura do planeta, refletindo em verões mais quentes, invernos mais frios e uma mescla de características de todas as estações durante o ano, sob esta ótica a transição energética é fundamental. Os principais poluidores, e que estão buscando alternativas para o desenvolvimento sustentável onde setores de energia e transporte são grandes poluidores, o setor portuário vem com grandes perspectivas de investimentos nesta área visando pontos estratégicos para a sua produção industrial próxima e comercialização desse produto.

Atualmente, os custos de produção do hidrogênio verde ainda são mais elevados quando comparados ao hidrogênio de gás, com médias de US\$ 6 por quilo. Porém o cenário de descarbonização vem mudando a

ótica, é preciso que mesmo endo um maior custo imediato o investimento, para uma longevidade do mundo, os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU e o Acordo de Paris precisam se concretizar para evitar o aumento da temperatura, E como a energia representa grande parcela poluidora e influencia demais setores produtivos a mudança deve dar o start por ela.

O objetivo principal do presente trabalho busca analisar o porto de escolha, seus aspectos de competitividade, administração, competitividade portuária e seu crescimento no cenário nacional. E tem como objetivo específico analisar o hidrogênio verde e seus potenciais, com apoio no atual mercado e cenário mundial, os principais desafios do Brasil para a produção, armazenagem, transporte e distribuição do hidrogênio, além de explorar os projetos do hub de H2 para o desenvolvimento nacional e regional.

O presente trabalho aborda os conceitos e aspectos do título baseando-se no modelo de pesquisa científica, tendo assim um método para a busca do conhecimento, que é capaz de trazer confiabilidade ao resultado pretendido com o estudo, após formulações de hipóteses e pesquisas para comprová-las, sendo pragmática e clara.

Os métodos abordados no artigo são: pesquisa exploratória, um método baseado na investigação de informações sobre assuntos de pouca profundidade de conhecimento dos autores, tendo papel importante no presente trabalho cujo tema aborda um assunto contemporâneo. Pesquisa bibliográfica, método amplamente utilizado para pesquisas acadêmicas, onde os materiais são livros, revistas, publicações, artigos, teses, entre outros. Pesquisa qualitativa, tem por base valores e variáveis quantificáveis que explicitam e auxiliam no entendimento das informações apresentadas. Pesquisa qualitativa, é baseado em abordagem descritiva, analisando o ambiente e a subjetividade

para interpretar fenômenos.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1. HIDROGÊNIO VERDE

O hidrogênio verde é um tipo de hidrogênio produzido a partir de fontes renováveis de energia, como energia eólica, solar ou hidrelétrica, por meio do processo de eletrólise da água. Esse processo envolve a separação das moléculas de água em hidrogênio e oxigênio, utilizando eletricidade gerada por fontes renováveis. O hidrogênio verde é considerado uma forma limpa e sustentável de produção de hidrogênio, pois não emite gases de efeito estufa e não depende de combustíveis fósseis (BNDES, 2022).

Sendo uma fonte de energia que pode ser utilizada em diversas áreas, como transporte, indústria e geração de energia elétrica. Podendo ser utilizado em células de combustível para gerar eletricidade, como combustível para veículos elétricos movidos a célula de combustível, como matéria-prima para a indústria química, entre outras aplicações. Além disso, o hidrogênio verde pode ser armazenado e transportado em forma de gás comprimido ou liquefeito, o que o torna uma alternativa para a geração de energia em locais remotos ou de difícil acesso (IBERDROLA, 2023).

A produção de hidrogênio verde está se tornando cada vez mais importante no contexto da transição para uma economia de baixo carbono, uma vez que pode contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética. Com o advento da própria crise de gás europeia, a transição energética vem se tornando uma saída para a crise e conseqüentemente buscando evitar as catástrofes cada vez mais visíveis (FERNANDES et al., 2023).

2.2. PORTO DO PECÉM: NA ESQUINA DO ATLÂNTICO

O Porto do Pecém é um porto marítimo localizado no estado do Ceará, no Nordeste do Brasil. Ele foi construído em 2002 com o objetivo de ser um porto industrial e exportador, além de uma plataforma logística para a região Nordeste (PORTO DO PECÉM, 2023).

O porto tem uma área de 13,5 km², incluindo dois terminais de contêineres, um terminal de grãos, um terminal de combustíveis, um terminal de minério, além de um terminal para veículos. O porto é capaz de receber navios de grande porte e tem profundidade de até 18 metros. Vale ressaltar que o porto do Pecém diferentemente do de Santos onde temos áreas arrendados por empresas e sua exploração delimitada por licitações, em Pecém o porto possui apenas um terminal de uma única empresa que é a própria administradora do Porto (AUTHORITY, 2023).

O Porto do Pecém tem uma posição geográfica estratégica, próximo aos principais mercados consumidores do Nordeste e de outras regiões do Brasil. Além disso, ele está conectado por ferrovias, rodovias e aeroportos, o que permite uma eficiente distribuição de cargas para todo o país (PORTO DO PECÉM, 2023).

Ainda é responsável por uma grande parte da movimentação de cargas do estado do Ceará e do Nordeste, sendo fundamental para o desenvolvimento econômico da região. Ele também tem investido em modernização e expansão de sua infraestrutura, visando aumentar sua capacidade e eficiência, além de se tornar um importante polo para a produção de hidrogênio verde (PORTO DO PECÉM, 2023).

O modelo de gestão porto se encontra em uma joint venture entre o Governo do Estado do Ceará e o Porto de Roterdã, apresentando um modelo de investimentos

privados e públicos, com uma empresa que gere os programas e o desenvolvimento do complexo portuário de Pecém (PORTO DO PECÉM, 2023).

2.3 INICIATIVAS E PROGRAMAS DE SUSTENTABILIDADE

O Porto de Pecém, localizado no estado do Ceará, no Brasil, está sendo considerado como um potencial polo para produção de hidrogênio verde. O hidrogênio verde é produzido através de eletrólise da água utilizando energia renovável, como a solar ou a eólica. O Porto de Pecém já conta com uma usina termelétrica movida a gás natural, mas há planos para a instalação de usinas de energia renovável para produzir o hidrogênio verde (PORTO DO PECÉM, 2023).

Além disso, em dezembro de 2021, foi assinado um memorando de entendimento entre o Governo do Estado do Ceará, a EDP Brasil e a Golar Power para a construção de uma planta de produção de hidrogênio verde no Porto de Pecém. O projeto prevê um investimento de cerca de R\$ 5 bilhões e tem como objetivo produzir até 500 mil toneladas de hidrogênio verde por ano até 2030, para abastecer o mercado nacional e internacional (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2022).

Quadro 1- Investimentos no Porto do Pecém

País	Empresa	Valores previstos (US\$)	Local de investimento
Austrália	Fortescue Future Industries	6 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Holanda	Transhydrogen Alliance	2 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Austrália	Energix Energy	5,4 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Qair	6,95 bilhões	Porto do Pecém, Ceará
Portugal	EDP do Brasil	8 milhões	Porto do Pecém, Ceará
França	Engie	-	Porto do Pecém, Ceará
Espanha	Neoenergia	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	White Martins	-	Porto do Pecém, Ceará
Alemanha	Linde	-	Porto do Pecém, Ceará

Fonte: Ipea, 2022

O hidrogênio verde é uma fonte de energia limpa e renovável, que pode ser utilizada em diversas áreas, como transporte, indústria e geração de energia elétrica, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a transição para uma economia de baixo carbono (FERNANDES, Gláucia; et al., 2023).

2.4 COMPETITIVIDADE PORTUÁRIA

O Porto de Pecém é um porto estratégico para a economia do Brasil, localizado em uma posição geográfica privilegiada, próximo aos principais mercados consumidores do Nordeste e de outras regiões do país. Além disso, o porto é uma importante plataforma logística, com conexões ferroviárias, rodoviárias e aéreas que permitem o transporte eficiente de cargas para todo o país (PORTO DO PECÉM, 2023).

O Porto de Pecém tem investido em modernização e ampliação de sua infraestrutura, com a construção de novos terminais e aquisição de equipamentos modernos para movimentação de cargas. Além disso, o porto oferece serviços de alta qualidade e segurança para as operações de importação e exportação de mercadorias, o que tem contribuído para aumentar sua competitividade no mercado nacional e internacional (PORTO DO PECÉM, 2023).

A produção de hidrogênio verde no Porto de Pecém também pode aumentar a competitividade do porto, uma vez que o hidrogênio verde é uma fonte de energia limpa e renovável, que pode ser utilizada em diversas áreas, como transporte, indústria e geração de energia elétrica. Além disso, a produção de hidrogênio verde pode gerar novas oportunidades de negócios e empregos para a região, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social (FGV, 2023).

Atualmente, há um projeto em andamento para a produção de hidrogênio verde no

Porto do Pecém em parceria com a empresa alemã Siemens Energy. O projeto prevê a construção de uma usina de eletrólise movida a energia renovável para a produção de hidrogênio verde, que seria utilizado como combustível limpo para veículos e equipamentos portuários (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2022).

Além disso, a empresa brasileira Seara, uma subsidiária da JBS, também está desenvolvendo um projeto para a produção de hidrogênio verde no Porto do Pecém, utilizando resíduos de frigoríficos como matéria-prima. O projeto prevê a construção de uma usina de biogás e hidrogênio verde para a produção de energia limpa e biocombustíveis (CANAL ENERGIA, 2023).

Em resumo, o Porto do Pecém está se tornando um importante centro de produção de hidrogênio verde no Brasil, com projetos em andamento de empresas nacionais e internacionais para a produção de energia limpa e redução das emissões de gases de efeito estufa. (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2022).

2.5 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E ESG

O desenvolvimento sustentável é um conceito novo, surge no Relatório de Brundtland de 1987, no qual apresenta o conceito

pressupõe um modelo de desenvolvimento que atenda às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades (BRUNTLAND, 1991).

A grande ruptura do conceito é a junção de visões antes separadas como o lucro, preservação ambiental e cuidados sociais, dando a esses três cenários uma relação de interdependência, evoluindo para as estratégias ESG, de suma importância na gestão das organizações a partir da segunda década do século XXI (CUTRIM;

BARBOSA, 2023).

A legislação brasileira adota o conceito dentro da Constituição no ano seguinte da publicação do Relatório pela ONU. Na Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225 traz “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.” (CUTRIM e BARBOSA, 2023).

Na questão brasileira, a legislação presente é uma das mais abrangentes e efetivas do mundo, porém enfrenta seus problemas estruturais na ótica ambiental de desmatamento, queimadas e explorações ilegais, por uma estrutura ineficaz de controles, fiscalização e aplicações em linhas gerais de sua legislação (CUTRIM e BARBOSA, 2023).

A ONU com as mudanças climáticas no mundo e os estudos na área, traz a assinatura do acordo da Agenda 2030, instituído os objetivos de desenvolvimento sustentável, composto de 17 objetivos e em 169 metas. Enfatizando um interesse mundial, não só em resolver problemas climáticos, mas outros males do mundo globalizado como fome e a extrema pobreza que mundo vive atualmente (ONU, 2023).

No cenário mundial cresce uma nova modalidade administrativa o ESG, ele revoluciona a administração trazendo rumos da importância do setor privado nos cumprimentos de objetivos mundiais de melhorias ambientais, sociais e econômicas. Estando atrelado nas estratégias organizacionais, o ESG traz o tripé: *environmental, social and governance*. Pensando no cenário portuário e suas novas necessidades, a governança com seu conceito mais atual traz a mudança de pensamento em não apenas as organizações cumprirem sua função social, mas de passarem a se preocupar com outros objetos de relevância na sociedade (CUTRIM, 2023).

Nova Governança: um modelo de gestão e relacionamento pelo qual uma organização é gerida, envolvendo todos os stakeholders, internos e externos, no processo de planejamento estratégico e definição do propósito social, com a adoção dos princípios de sustentabilidade, inovação, ativismo corporativo, diversidade, equidade, inclusão, cocriação e transparência. Alinhando a maximização financeira com o legado ambiental e social” (CUTRIM, 2022).

3. IMPLANTAÇÃO DE HUB DE HIDROGÊNIO VERDE

A implantação de um hub de hidrogênio verde pode ser uma estratégia interessante para fomentar a produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde em uma determinada região. Um hub de hidrogênio verde é basicamente um centro que integra toda a cadeia de valor do hidrogênio verde, desde a produção até o uso final, incluindo infraestrutura de produção, armazenamento, transporte e distribuição (OLIVEIRA, 2022).

Um hub de hidrogênio verde pode trazer diversos benefícios, como a redução dos custos de produção devido à escala, a criação de uma cadeia de valor local, o aumento da competitividade e a redução das emissões de gases de efeito estufa. (OLIVEIRA, 2022).

Existem algumas incertezas no cenário do hidrogênio verde no Brasil, o qual necessita de um Plano Nacional de longo prazo, estudos de estratégias e um planejamento de ações, com ênfases em regulação e institucionais, e políticas e planos para os investimentos no setor, já que se estima um aporte financeiro para o objetivo de desenvolvimento dessa matriz energética o valor de US\$ 200 bilhões (CEBRI, 2022).

O Brasil vem buscando fontes alternativas a muito tempo, n caso do hidrogênio não é diferente, em 1975 começam os primeiros estudos e instalações para a viabilidade de sua utilização. Nos últimos anos com a movimentação do mundo no sentido do

hidrogênio verde, em 2020 o país cria o Plano Nacional de Energia 2050, trazendo a importância do hidrogênio no cenário mundial e por quais motivos o brasil poderia incluir em sua matriz (CEBRI, 2022).

Posteriormente em 2021, a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), concretiza o mercado mundial futuro dessa nova energia quando traz o estudo “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira de Hidrogênio) (CEBRI, 2022).

No Brasil, o Porto do Pecém, é um local que tem sido considerado para a implantação de um hub de hidrogênio verde. O porto já possui uma infraestrutura desenvolvida, está localizado em uma região com grande potencial para a produção de energia renovável, como a energia eólica e solar; conta com administração compartilhada com o Porto de Roterdã que já vem crescendo na produção e com planos de ser um hub na Europa. Além disso, o porto tem acesso fácil a grandes centros consumidores, como São Paulo e Rio de Janeiro, por meio de rotas marítimas (OLIVEIRA, 2022).

Figura 1 - Projeto de hubde hidrogênio verde



Fonte: Complexo do Pecém.

A implantação de um hub de hidrogênio verde no Porto do Pecém pode ser viabilizada por meio de parcerias público-privadas, onde o governo pode oferecer incentivos fiscais e programas de incentivo

à pesquisa e desenvolvimento, enquanto as empresas podem investir em tecnologias avançadas de produção e armazenamento de hidrogênio verde. O projeto de hub H2 do Ceará teve parceria também com a FIEC (Federação das Indústrias do Estado do Ceará) e UFC (Universidade Federal do Ceará) (CEBRI, 2022).

Em resumo, a implantação de um hub de hidrogênio verde pode ser uma estratégia interessante para fomentar a produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde no Porto de Pecém, é um local com grande potencial para a implantação de um hub de hidrogênio verde, que pode trazer diversos benefícios para a economia local e para a transição para uma economia de baixo carbono (SOUZA et al., 2021).

3.1 ANÁLISE DO MERCADO MUNDIAL DO HIDROGÊNIO VERDE

O mercado mundial do hidrogênio verde está em constante crescimento e é impulsionado pela transição para uma economia de baixo carbono e pela crescente demanda por fontes de energia renováveis e limpas. Segundo estudos recentes, o mercado global do hidrogênio verde deverá crescer a uma taxa composta anual de cerca de 46% até 2030, alcançando um valor de mercado de aproximadamente US\$ 2,5 trilhões (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2022).

A Europa é o principal mercado para o hidrogênio verde, com uma série de países, incluindo a Alemanha, a França e a Holanda, estabelecendo planos ambiciosos para aumentar a produção e uso do hidrogênio verde. A Ásia também é um mercado em crescimento, liderado pela China, Japão e Coreia do Sul, que estão investindo pesadamente em tecnologias de hidrogênio verde (PORTO DO PECÉM, 2023).

Nos Estados Unidos, o governo Biden estabeleceu metas ambiciosas para

aumentar a produção e uso do hidrogênio verde, com plano para investir US\$ 1 trilhão em infraestrutura energética e climática ao longo dos próximos anos. Além disso, com US\$ 8 bilhões em plantas de hidrogênio verde no país. A intenção é seguir os acordos internacionais e descarbonizar a economia, com uma rede elétrica 100% limpa em 2035 e zero emissão de carbono em 2050 (CHIAPPINI, 2022).

No Brasil, o mercado do hidrogênio verde ainda está em fase inicial de desenvolvimento, mas apresenta um grande potencial devido à sua vasta área territorial e abundância de fontes renováveis de energia. O governo brasileiro estabeleceu recentemente um plano para aumentar a produção e uso do hidrogênio verde, com um objetivo de produzir 10 milhões de toneladas até 2030. Com os interesses e investimentos em Pecém, que devem chegar a US\$ 6 bilhões as estimativas são para produzir 15 milhões de toneladas em 2030 (SOUZA et al., 2021).

No geral, o mercado mundial do hidrogênio verde é promissor e apresenta muitas oportunidades para investidores e empresas que buscam participar da transição para uma economia de baixo carbono. No entanto, é necessário investir em tecnologia, infraestrutura e regulamentação para tornar a produção e uso do hidrogênio verde mais eficiente e competitivo em relação a outras fontes de energia (SOUZA et al., 2021).

3.2 VIABILIDADE E COMPETITIVIDADE

O Porto de Pecém, possui um grande potencial para a produção de hidrogênio verde, devido à sua localização estratégica, abundância de fontes renováveis de energia, como a energia eólica e solar, e a presença de empresas com experiência em produção de hidrogênio (PORTO DO PECÉM, 2023).

No entanto, para tornar a produção de hidrogênio verde competitiva no Porto de Pecém, é necessário investir em tecnologias

avançadas de produção, como a eletrólise de água utilizando energia renovável, que pode ser mais cara do que a produção de hidrogênio a partir de combustíveis fósseis. Além disso, a infraestrutura adequada para produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde deve ser desenvolvida, incluindo a construção de eletrolisadores, tanques de armazenamento e redes de distribuição (EL SHEIKH, 2022).

Um ambiente regulatório favorável também é essencial para incentivar o investimento em hidrogênio verde no Porto de Pecém e em todo o Brasil. Isso inclui políticas governamentais que incentivem a produção e uso de hidrogênio verde, como isenções fiscais e programas de incentivo à pesquisa e desenvolvimento (OLIVEIRA, 2022).

Em resumo, o Porto de Pecém tem um grande potencial para a produção de hidrogênio verde, mas a viabilidade e competitividade do hidrogênio verde no porto dependem de um ambiente regulatório favorável, infraestrutura adequada e tecnologias avançadas de produção. O investimento nessas áreas pode tornar o hidrogênio verde uma opção viável e competitiva para a transição para uma economia de baixo carbono no Brasil (OLIVEIRA, 2022).

Para destacar a viabilidade tanto no Brasil, quanto no nordeste brasileiro. Outros portos têm projetos para a produção do hidrogênio verde, é o caso de Suape. Segundo a CTG Brasil (2022) o Complexo Industrial Portuário de Suape vai arrendar uma área para a instalação de uma futura planta industrial de produção de hidrogênio verde. O investimento total é estimado em cerca de US\$ 3,5 bilhões, com capacidade de eletrólise de 1 GW e área de 72,5 hectares. O arrendamento é de 25 anos com possibilidade de prorrogação por igual período. Essa área fica fora do polígono do Porto Organizado e é administrada diretamente pelo porto estatal.

Na fábrica do futuro, o hidrogênio verde será produzido a partir da dessalinização da

água do mar. O edital detalhando o projeto considera duas instalações industriais que produzem hidrogênio azul, assim chamado porque produz emissões de gases de efeito estufa durante a produção, diferente do verde. Neste caso, a versão azul será produzida por reforma a vapor do metano como insumo para a produção de amônia de outras duas unidades implantadas posteriormente em Suape (CTG, 2022).

3.3 DESAFIOS PARA O HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL

Embora o hidrogênio verde apresente muitas vantagens como uma fonte de energia limpa e renovável, sua produção e uso ainda enfrentam desafios no Brasil. Alguns dos principais desafios são (INDÚSTRIA, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA, 2022):

No cenário custo a produção de hidrogênio verde ainda é alto em comparação com outras fontes de energia. Isso ocorre principalmente devido ao alto custo da eletricidade gerada a partir de fontes renováveis.

Na questão da infraestrutura a produção, armazenamento e distribuição de hidrogênio verde requerem infraestrutura específica, como eletrolisadores, tanques de armazenamento e redes de distribuição. No Brasil, essa infraestrutura ainda é limitada, o que pode dificultar a adoção em larga escala.

No cenário tecnológico a produção de hidrogênio verde envolve tecnologias avançadas, como a eletrólise da água, que ainda não estão totalmente desenvolvidas no Brasil. É necessário investir em pesquisa e desenvolvimento para tornar a produção de hidrogênio verde mais eficiente e competitiva.

No ponto de regulamentação o Brasil ainda não possui uma regulamentação específica para o uso e produção de hidrogênio verde, o que pode dificultar sua adoção e comercialização. Porém órgãos vem

trazendo estudos quanto aos hidrogênios no país, como o CNI, IPEA, entre outros.

No quesito competitividade o hidrogênio verde ainda não é competitivo em alguns setores, como o de transporte, onde o uso de combustíveis fósseis ainda é mais barato. É necessário incentivar o uso de hidrogênio verde e torná-lo mais competitivo em todos os setores.

Apesar desses desafios, o Brasil possui grande potencial para a produção de hidrogênio verde, devido à sua abundância de fontes renováveis de energia, como a energia eólica e solar, e à sua vasta área territorial. É necessário investir em tecnologia, infraestrutura e regulamentação para tornar o hidrogênio verde uma realidade no Brasil e contribuir para a transição para uma economia de baixo carbono (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DAS INDÚSTRIAS, 2022).

Existe até um projeto norueguês para construir um navio de cruzeiro movido a hidrogênio. Segundo a *Hydrogen Europe*, o objetivo é tê-las prontas até 2023, embora ainda não existam baterias nessa escala. O hidrogênio também tem potencial para alimentar veículos de serviço, como empilhadeiras e caminhões, bem como ônibus e trens, acredita-se que um dos maiores desafios seja a implementação desse hidrogênio, pois ainda não há recursos o suficiente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que, é possível realizar algumas considerações acerca deste tipo de combustível, quando relacionado à sua afeição com a natureza.

Por si só, a escolha do Porto de Pecém em tornar a sua principal fonte de alimentação, o hidrogênio verde, geraria novos empregos na área, principalmente nas partes de fabricação e pesquisa, tornando a região ainda mais produtiva, evoluída e com menor dispersão de poluentes no meio ambiente, pois o fato de ser uma fonte de

energia renovável e extremamente eficaz, traria o interrompimento das operações da termelétrica responsável por prover a energia atual.

No entanto, o seu alto custo de desenvolvimento e produção, ainda “breca” a sua implantação em diversos locais. De acordo com Monica Gasca, diretora-executiva da Hidrogênio Colômbia, a associação colombiana de hidrogênio:

O hidrogênio tem certos nichos que precisam ser explorados, mas primeiro temos que resolver questões de eficiência energética e eletrificação.

Quanto ao Porto de Pecém, o seu maior atraso para permitir que o Hidrogênio verde seja o seu principal agente energético, é a falta de infraestrutura e investimento no porto. E por se tratar de uma revigoração com alto custo, o projeto ambicioso ainda é visto somente como uma alternativa e plano para um futuro próximo.

Contudo, a utilização do combustível que estamos apresentando trará diversas soluções e até mesmo bonificações ao porto, fazendo com que ele seja visto com “bons olhos”, atraindo clientes, certificados e maior número de carga ao porto. Com o desenvolvimento do porto nesse quesito, a região irá se beneficiar.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conhecimento acerca da existência do H₂V e como é utilizado no país, é de suma importância, especialmente para se pensar numa visão macro de mercado, visando a sustentabilidade do local, seja ela ambiental ou na geração de novos empregos. Para além de mero conhecimento a respeito do tema, profissionalmente e academicamente foi importante o estudo da temática, principalmente no que diz respeito ao estudo de possíveis novas fontes ou até mesmo pontos de melhorias nos sistemas existentes. Pontua-se, ainda, a necessidade do aprofundamento do assunto em

pesquisas futuras, seja para enriquecer o conhecimento já existente sobre as fontes de energia e o porto de Pecém, para haver um estudo mais profundo sobre as melhorias no meio ambiente, seja para servir de literatura para o planejamento e gestão, ou mesmo para fomentar o lado de inovações e criatividade, focando na elaboração de novas soluções que possam resolver algumas limitações ou dificuldades enfrentadas pelo porto de Pecém.

REFERÊNCIAS

- AUTHORITY, SANTOS PORT. SPA. **Santos Authrity Port**, 2023. Disponível em: <https://www.portodesantos.com.br/conheca-o-porto/o-porto-de-santos/>. Acesso em: 15 abril 2023.
- BNDES. **Hidrogênio de Baixo Carbono: Oportunidades para o protagonismo brasileiro na produção de energia limpa**. BNDES. Brasília, p. 113. 2022.
- BRUNTLAND, Gro H. **Nosso Futuro Comum**. 2.º ed. Rio de Janeiro: FGV, 1991.
- CANAL ENERGIA. **Biomassa Bioenergia**, 2023. Disponível em: <https://www.biomassabioenergia.com.br/impremsa/jbs-inicia-emissao-de-i-rec/20230102-090807-T250>. Acesso em: 16 abril 2023.
- CENTRO BRASILEIRO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS. **Hydrogen and Energy Transition: Opportunities for Brazil**. CEBRI. Rio de Janeiro, p. 24. 2022.
- CHIAPPINI, Gabriel. **EPBR**, 2022. Disponível em: <https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2022/05/01/brasil-prepara-se-para-iniciar-producao-de-hidrogenio-verde.ghtml>. Acesso em: 15 abril 2023.
- CTG. **CTG Brasil**, 2022. Disponível em: <https://www.ctgbr.com.br/sustentabilidade>. Acesso em: 23 abril 2023.
- CUTRIM, Sérgio. **Guia de melhores práticas de sustentabilidade portuária**. 1ª. ed. São Luís: EDUFMA, 2023.
- CUTRIM, Sérgio S. Governança: a base do ESG. In: CUTRIM, Sérgio S.; ROBLES, Leo T. **Manifesto: ESG Portuário**. São Luís: UFMA, 2022. p. 65-78.
- CUTRIM, Sérgio S.; BARBOSA, Adriano. **Guia de melhores práticas de sustentabilidade portuária**. São Luís: EDUFMA, 2023.
- EL SHEIKH, Sharm. FMGL. **FMG Fortescue**, 2022. Disponível em: fmg.com.au/in-the-news/media-releases/2022/11/10/fortescue-future-industries-and-the-state-of-ceará-reinforce-joint-commitment-to-develop-green-hydrogen-project-at-cop27. Acesso em: 10 abril 2023.
- FERNANDES, Gláucia et al. **Panorama dos desafios do hidrogênio verde no Brasil**. FGV ENERGIA - Coluna Opinião, 2023. 13.
- FGV. Portal **FGV**, 2023. Disponível em: <https://portal.fgv.br/en/news/researchers-reveal-opportunities-use-green-hydrogen-brazil>. Acesso em: 10 abril 2023.
- IBERDROLA. **Iberdrola**, 2023. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/hidrogenio-verde>. Acesso em: 10 abril 2023.
- INDÚSTRIA, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA. **Hidrogênio Sustentável: Perspectivas e Potencial para a Indústria Brasileira**. CNI - GEMAS. Brasília, p. 142. 2022. (ISBN 978-65-86075-53-3).
- OLIVEIRA, Rosana. **Panorama do Hidrogênio do Brasil**. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília e Rio de Janeiro, p. 61. 2022.
- ONU, 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 20 abril 2023.
- ONU. **UNICEF**, 10 Abril 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>.
- PORTO DO PECÉM. **Complexo do Pecém**. Complexo Industrial e Portuário do Pecém, 2023. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/>. Acesso em: 15 abril 2023.
- PORTO DO PECÉM. **As perguntas mais frequentes sobre o hidrogênio verde**. Complexo Industrial e Portuário do Pecém. [S.l.], p. 9.

PRODANOV, Cleber C.; FREITAS, Ernani C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª. ed. Novo Hamburgo - RS: Editora FEEVALE, 2013.

SEVERINO, Antônio J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23ª. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2014.