

Contribuições consulta pública: Plano Trienal de Hidrogênio - PNH₂

CONSIDERAÇÕES EM NEGRITO NO ITEM – VISÃO DE FUTURO DO PROGRAMA

1. Recursos de gás natural e **carvão mineral** disponíveis no País, que, associados à **tecnologias** de captura e armazenagem de CO₂, permitem a produção de hidrogênio azul;
2. Potencial e competitividade de fontes renováveis de geração elétrica para produção do hidrogênio verde;
3. Aproveitamento da energia do hidrogênio contida nos biocombustíveis (etanol e biogás, por exemplo);
4. Desenvolvimento de rotas alternativas de produção de hidrogênio, tais como energia nuclear, hidrogênio natural (proveniente de rochas), **co-gaseificação de carvão mineral, biomassas e plásticos com captura de CO₂**, por exemplo;
5. **Construir um modelo de produção de hidrogenio de forma distribuida com uso de gasificação de residuos (plastico, biomassa e carvão mineral, etc),**
6. **Criação de clusters para produção, uso utilizando as tecnologias de gasificação e captura de CO₂.**
7. Consideração dos aspectos relacionados aos usos múltiplos da água, buscando promover a diversificação destas fontes para as rotas de produção de hidrogênio que a utilizem;
8. Aproveitamento de infraestruturas existentes, como elemento de transição competitiva, para uma economia de hidrogênio – por exemplo, através de misturas de hidrogênio na rede dutoviária de gás natural, em níveis regulamentados e sem comprometimento da infraestrutura existente;
9. Potencial de uso de hidrogênio em veículos pesados, tais como caminhões, locomotivas, embarcações e aeronaves;
10. Penetração do hidrogênio no processo produtivo de hidrocarbonetos renováveis no setor de transportes;
11. Inserção competitiva do uso de hidrogênio na indústria brasileira, tendo em vista sua diversificação e dinâmica;



SATC

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

12. Promoção de desenvolvimento inclusivo da sociedade brasileira no processo de desenvolvimento deste mercado, sob os aspectos socioeconômico e educacional, considerando também aqueles relacionados ao aspecto fiscal;
13. Promoção do desenvolvimento urbano sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades brasileiras;
14. Uso estacionário do hidrogênio, por exemplo, de células a combustível como fontes alternativas de energia;
15. Potencial propiciado pelas tecnologias digitais, com amplo espaço de aplicações nesse contexto.

JUSTIFICATIVAS

A inserção do carvão mineral no cenário de hidrogênio azul considerando a gaseificação com a tecnologia de Captura Uso e Armazenamento de CO₂ - CCUS deve ser avaliada em caráter de importância igualmente a reforma de gás natural. Isto porque como bem apontando pelo Programa Nacional de Hidrogênio, o país detém a maior diversidade de matriz energética para produção de hidrogênio quando comparado a outros países que possuem programas de hidrogênio já consolidados.

No cenário atual das classificações de hidrogênio e suas cores, o carvão mineral é apontado em três situações em que estariam classificados quanto ao tipo de carvão mineral e com a inserção ou não de tecnologias de captura, uso e armazenamento de CO₂, conforme pode ser observado na tabela abaixo, publicada pela nota técnica **Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio** de 2021.



SATC

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Tabela 1: Arco-íris do hidrogênio e sua classificação.

Cor	Classificação	Descrição
■	Hidrogênio Preto	Produzido por gaseificação do carvão mineral (antracito), sem CCUS
■	Hidrogênio Marrom	Produzido por gaseificação do carvão mineral (hulha), sem CCUS
■	Hidrogênio Cinza	Produzido por reforma a vapor do gás natural, sem CCUS
■	Hidrogênio Azul	Produzido por reforma a vapor do gás natural (eventualmente, também de outros combustíveis fósseis), com CCUS
■	Hidrogênio Verde	Produzido via eletrólise da água com energia de fontes renováveis (particularmente, energias eólica e solar).
■	Hidrogênio Branco	Produzido por extração de hidrogênio natural ou geológico
■	Hidrogênio Turquesa	Produzido por pirólise do metano, sem gerar CO ₂
■	Hidrogênio Musgo	Produzido por reformas catalíticas, gaseificação de plásticos residuais ou biodigestão anaeróbica de biomassa ou biocombustíveis, com ou sem CCUS
■	Hidrogênio Rosa	Produzido com fonte de energia nuclear

Fonte: EPE, 2021.

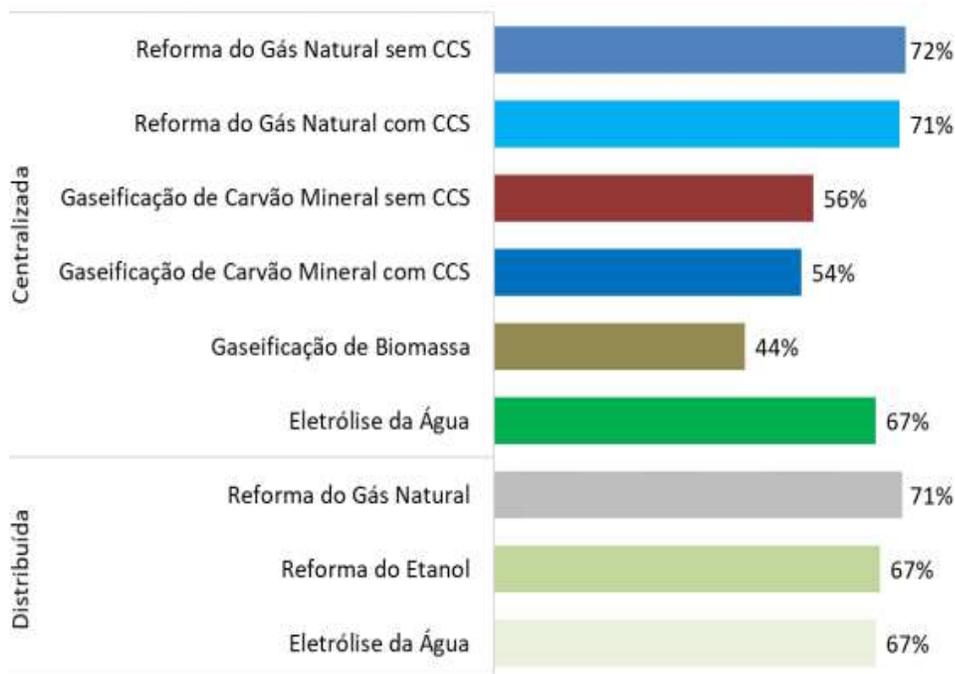
Conforme pode ser verificado, o apontamento a respeito de carvão explicitamente está associado ao hidrogênio preto e marrom, enquanto no azul deixa como principal fonte de produção o gás natural através de reforma, com possível eventualidade de outros combustíveis fósseis, no qual também se enquadraria tecnologias utilizando carvão mineral. Face a importante reserva energética do carvão brasileiro é importante deixar claro que o carvão nacional, via a gasificação e o CCUS, pode produzir hidrogênio limpo, que é o objetivo do Programa.

Como vetor no âmbito energético aliado as expectativas do Plano de Transição Energética Justa, o carvão mineral deve ser avaliado de forma mais efetiva no decorrer da transição, principalmente no que diz respeito a região Sul do país, no qual detém as principais e maiores reservas de carvão mineral do país, em que sua maioria atende indústrias siderúrgicas (coque) e conversão energética através do abastecimento das usinas termelétricas instaladas na região.

Apesar da busca pela menor dependência dos recursos fósseis, sua importância não pode e nem deve ser desprezada pois a produção de hidrogênio com energia renováveis, tem problemas estruturais pela sua intermitência e custo. O uso de fontes de combustível disponível e firmes permite uma maior previsibilidade e menor custo como é citado pelo USDOE. Por outro lado a diversidade de fontes é essencial para a segurança energética e o uso de fontes domésticas como o carvão mineral tem uma previsibilidade de custo, não sujeito a variação de commodities. Um exemplo claro dessa constatação está no fato de países europeus, após crise ocasionada pela Rússia e Ucrânia, reativaram usinas a carvão para suprir demanda energética defasada pelos cortes no fornecimento de gás pela Rússia, o que fez acender o alerta da fonte energética segura que o carvão pode trazer.

Nesse contexto, a gaseificação de carvão para produção de gás de síntese (H₂ e CO) com captura de CO₂ passa ser interessante, tanto pela continuidade do aproveitamento do combustível fóssil mais abundante no planeta de forma sustentável, quanto pela utilização de uma tecnologia consolidada mundialmente. A respeito disso, uma descrição dos processos de produção de hidrogênio por rotas, são apresentadas conforme sua eficiência em conversão, como demonstra a Figura 1.

Figura 1: Eficiências típicas de conversão em processos de produção de hidrogênio.



Fonte: PNNL (2020).



SATC

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

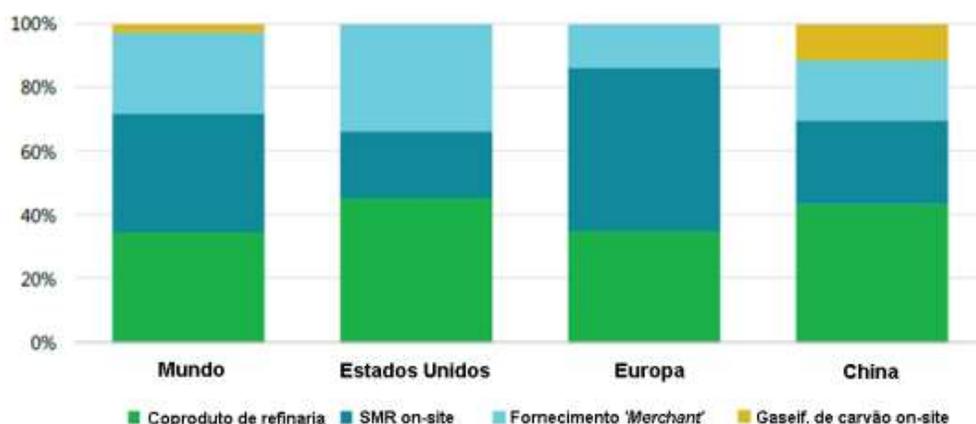
Dentre os dados apresentados e informações geradas pela Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), a gaseificação e a reforma de gás podem ser aplicadas às fontes não renováveis portadoras de hidrogênio igualmente. Sendo que são utilizadas em sua maioria para atender refinarias, plantas de fertilizantes e de metanol. Como dado de grande relevância no mundo atualmente, a produção dedicada de hidrogênio é de 70 Mt por ano, sendo 76% a partir da reforma do gás natural e 23% da gaseificação do carvão mineral. Este dado, trás como indicativo a possibilidade de fomentar ainda mais a utilização do carvão em programas de hidrogênio visando diversificar e ser menos dependente de uma fonte geradora.

Neste âmbito, o Ministério de Minas e Energia em seu Programa para Uso Sustentável do Carvão Mineral Nacional publicado na Portaria MME nº 540/2021, aborda de forma objetiva como visão de futuro para o setor a gaseificação do carvão para produção de hidrogênio bem como outros produtos químicos advindos do gás de síntese. O arquivo comenta sobre a gaseificação do carvão ser uma potencial solução do carvão como insumo, mesmo que a tecnologia em território nacional seja nova e que deve ser avaliada através de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de tecnologia e fomento.

Apesar da tecnologia de gaseificação em território nacional ser recente e pouco avaliada em caráter tecnológico, sustentável e econômico, isso não é reflexo do cenário mundial a respeito do processo, onde por muitos anos e atualmente ainda se utilizam desta tecnologia.

Pode-se destacar nesse cenário, países como a China e Austrália, além dos Estados Unidos, sendo estes detentores de reservas de carvão mineral consideráveis.

Tabela 2: Fontes de produção de hidrogênio para refinarias no ano de 2018.



Fonte: IEA (2019).



SATC

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

Os Estados Unidos por sua vez, com enormes reservas de carvão, tem criado iniciativas de amadurecimento tecnológico para utilização do combustível fóssil para a produção de hidrogênio, que passa desde o uso de tecnologias de captura de CO₂, a incentivos para implementação de alternativas para produção de hidrogênio. O principal laboratório norte-americano que está atuando nessas iniciativas é o NETL (*National Energy Technology Laboratory*), que possui programas entorno do carvão, com destaque ao Programa de Hidrogênio com Gerenciamento de Carbono. Uma das principais ações está na investigação de sistemas de produção de H₂ a partir da co-gaseificação de carvão, junto a biomassas e plásticos para obtenção de gás de síntese, visando produção de baixo custo e redução de emissões de gases de efeito estufa (CCS) em sistemas de pequena escala (5 a 50 MW). Neste programa, os pesquisadores estudam de forma isolada e combinadas carvão mineral, biomassa e resíduos plásticos. A gaseificação de biomassa e resíduos plásticos conforme descrito na Tabela 1 se enquadram como hidrogênio musgo, sejam eles combinados ou em sistemas separados.

A avaliação dos três combustíveis em processos como este, se torna interessante sob alguns aspectos como: abatimento direto de carbono por estar utilizando biomassa na composição do combustível e sustentabilidade aliada a maior conversão devido a inserção dos resíduos plásticos com teores de carbonos voláteis altíssimos e baixa cinza.

Para esta configuração de sistema e combustíveis, não existe nenhuma política pública no Brasil a respeito, sendo que é importante considerar esse tema como visão de futuro e como uma rota alternativa no cronograma do Programa Nacional de Hidrogênio.

Dentre os movimentos realizados na região Sul do país sobre tecnologias de gaseificação de carvão destaca-se um projeto financiado via FINEP com duração entre 2000-2014 para a Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC que visava a produção de gás de síntese com carvões regionais de alta cinza para atender a demanda das indústrias cerâmicas do estado. Este projeto teve como resultado dados que viabilizariam a construção de uma unidade de gaseificação a carvão de capacidade de 5 Gcal/h em sistema de leito fluidizado borbulhante, sistema este aplicado com eficiência de até 83,7% para carvões de alta cinza. No entanto, o desenvolvimento do gaseificador não teve continuidade devido a demandas mais emergentes apontadas pelas iniciativas públicas e privadas, que teve seu expressivo retorno nos últimos anos devido a necessidade de suprir o gás natural que possui custo elevado para o setor cerâmico aliado a transição energética que volta a viabilizar estudos voltados a tecnologias a carvão, devido disponibilidade de matéria prima e avanço das tecnologias de captura de carbono.



SATC

EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

O gerenciamento de carbono é imprescindível e passa pelo desenvolvimento de bons projetos. Na região sul está sendo implementado um Programa de Captura de CO₂, também localizado na Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina – SATC. O programa teve seu início em 2014 com metas traçadas até 2030 e com recursos já aportados na ordem de R\$19,4 milhões até o momento. A partir desse programa foi desenvolvido zeólitas a partir de cinzas de carvão mineral para captura de CO₂ e também instalada uma unidade piloto com capacidade de capturar 2 toneladas de CO₂/dia. Nos primeiros testes a tecnologia em leito movente com adsorção por oscilação de temperatura (do inglês, *Moving Bed Temperature Swing Adsorption* MBTSA) foi capaz de remover de 30 a 50% do CO₂ presente em um gás exausto. Para a segunda etapa, após modificações na unidade, a expectativa é remover acima de 90% de CO₂ do gás exausto com um custo nivelado de abatimento que seja competitivo com outras tecnologias mais maduras.

Além disso, outro ponto a ser discutido, são as iniciativas estaduais de caráter inicial a respeito da criação de programas de hidrogênio internos para auxiliar demandas nacionais e contribuir de forma mais efetiva para com as necessidades locais. A partir disso, discute-se a criação futura de programas regionais incluindo os três estados da região sul. No caso de Criciúma, existe a possibilidade de montar um cluster utilizando a demanda de calor da indústria cerâmica, a disponibilidade de plástico via reciclagem da indústria local, a disponibilidade de carvão mineral e a proximidade logística de exportação do Porto de Imbituba. No caso do Rio Grande do Sul, a região de Candiota onde estão localizadas as maiores reservas de carvão do Brasil, tem a proximidade com o porto de Rio Grande onde pode ser criado um polo de exportação de hidrogênio limpo. Esse modelo de produção poderia seguir o exemplo do Projeto Ladrobe Valley, um consórcio (Kawasaki Heavy Industries, Shell Japão, J-Power, AGL Energy e outros) fomentado pelos governos do Japão e Austrália.

Entendemos que é necessário para desenvolver o Hidrogênio a partir do carvão:

- a) Implantar o marco regulatório do CCUS no Brasil;
- b) Fomentar parceria internacional (ex. Departamento de Energia dos USA - USDOE) para colaborar no desenvolvimento tecnológico dos gasificadores;
- c) Viabilizar programa de capacitação de Recursos humanos para tecnologia de CCUS e gasificação de carvão;
- d) Fazer mapeamento geológico nas regiões carboníferas para verificar a capacidade de estocagem de CO₂;

Incluir nos programas de P&D de Hidrogênio o carvão mineral

www.portalsatc.com

FONE +55 48 3431.7500 | FAX +55 48 3431.7501 | OUVIDORIA 0800.648.7600

Rua Pascoal Meller, 73 | Bairro Universitário | CEP 88805-380 - CP 232 | Criciúma/SC | Brasil

REFERÊNCIAS

CNI. Confederação Nacional da Indústria, 2022. Hidrogênio sustentável: perspectivas e potencial para a indústria brasileira. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/e8/29/e829e13b-ba12-4a76-9fe2-a60116e76d7d/hidrogenio_sustentavel_web.pdf

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2021. Nota Técnica “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio”. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20\(1\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/NT_Hidroge%CC%82nio_rev01%20(1).pdf) .

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Nota Técnica “Hidrogênio Cinza: Produção a partir da reforma a vapor do gás natural”. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-654/NT%20Hidrog%C3%AAnio%20Cinza.pdf> .

EPE. Empresa de Pesquisa Energética, 2022. Nota Técnica “Hidrogênio Azul: Produção a partir da reforma do gás natural com CCUS”. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-654/NT%20Hidrogenio%20Azul.pdf> .

IEA. International Energy Agency, 2019. The Future of Hydrogen. Seizing today’s opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2803>.

IEA. International Energy Agency, 2020. Tracking Energy Integration 2020. IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration-2020>.

MME. Ministério de Minas e Energia, 2021. Portaria MME nº 540/2021 - DETALHAMENTO DO PROGRAMA PARA USO SUSTENTÁVEL DO CARVÃO MINERAL NACIONAL. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-publica-detalhamento-do-programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional/programa-para-uso-sustentavel-do-carvao-mineral-nacional.pdf> .



SATC
EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

NTEL. Gasification Systems. Disponível em: <https://netl.doe.gov/carbon-management/gasification> .

PNNL - The Pacific Northwest National Laboratory, 2020. Hydrogen Production. (Planilha: Hydrogen Production Energy Conversion Efficiencies). The Hydrogen Analysis Resource Center (HyARC). Disponível em: <https://h2tools.org/hyarc/hydrogen-production>. Acessado em 27 de maio de 2020.

Atenciosamente



Recoverable Signature

X

Fernando Luiz Zancan

Diretor Executivo da SATC

Signed by: d414d020-289c-4fc1-b27c-78bec602cfff