

Hidrogênio, o Brasil não deve repetir o erro do passado com o alumínio ⁽¹⁾

Armando Ribeiro de Araujo ⁽²⁾

INTRODUÇÃO:

Hidrogênio tem sido notícia frequente nas últimas semanas no Brasil e no mundo. Vários projetos tem sido anunciados para produção de hidrogênio a partir de fontes de energia renovável.

Nesse diapasão, recentemente, o governo do Ceará assinou convênio para a implementação de um hub de desenvolvimento de hidrogênio verde, a ser instalado no Complexo do Pecém. O governo do Ceará indica que o estado possui capacidade para gerar até 40 GW de hidrogênio verde e os memorandos assinados já contemplam 20 GW de produção.

A Agência Internacional de Energia (AIE) estima que produção adicional de hidrogênio será necessária para alcançar as metas de emissões zero de carbono em 2050. No relatório “A Roadmap for the Global Energy Sector” prevê que o uso de hidrogênio deve ser estendido a setores que atualmente usam combustíveis fósseis de tal maneira que o consumo de hidrogênio deve crescer de 0,1% do consumo total final de energia no mundo em 2020 e chegue a representar 10% em 2050.

Portanto as perspectivas são de que o consumo de hidrogênio deve aumentar significativamente e sua produção, para ser compatível com os esforços mundiais de redução de emissões, deve se concentrar em produção de zero emissões de carbono. Assim, a eletrolise deve ter primazia nessa produção de hidrogênio com consumo de eletricidade de fontes renováveis, especialmente solar e eólica.

O governo brasileiro, em fevereiro de 2021, emitiu o relatório “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio - MME - EPE” com o objetivo de abordar aspectos conceituais e fundamentais para a construção da

estratégia brasileira de hidrogênio.

Nesse relatório, o governo indica que a expectativa é de que além dos mercados já tradicionais de fertilizantes, refino e outros usos (gases industriais e hospitalares), novos mercados para o hidrogênio poderão ser desenvolvidos nos segmentos de transporte, geração elétrica, armazenamento de energia e processos industriais, entre outros.

Esse relatório do governo atual, indica que o objetivo é consolidar e formalizar a estratégia nacional em um plano de ação específico do governo federal neste tema, atualizando as diretrizes e superando os desafios já identificados nos documentos elaborados no âmbito do MME e do MCTI, de acordo com uma estratégia brasileira de hidrogênio, que já existe na prática desde 2002-2005.

Nesse mesmo relatório o governo define como política do Brasil abraçar as oportunidades de desenvolvimento das diversas tecnologias de produção e uso do hidrogênio, inclusive o hidrogênio “verde”, no qual pode ser bastante competitivo, mas não se limitando exclusivamente a este.

Isto seria frontalmente contrário ao discurso externo de reduzir emissões de carbono.

Neste artigo, tentaremos analisar os possíveis impactos da introdução do hidrogênio tanto no setor de energia, mas, mais particularmente no Setor Elétrico nacional.

PRODUÇÃO

Hidrogênio atualmente é produzido a partir de combustíveis fósseis, especialmente carvão e gás natural, que resultam em emissões de carbono. No entanto, existem alternativas de produção por metodologias de baixo carbono. Assim adicionando-se captura, utilização e sequestro de carbono (CCUS) aos processos usando carvão e gás natural eliminam-se as emissões. Outra metodologia seria eletrolise da água usando eletricidade de fonte limpa de carbono (nuclear ou renovável, solar, eólica ou hidrelétrica). E finalmente por processo biológico de gasificação de biomassa.

A produção atual de hidrogênio mais utilizada no mundo é uma tecnologia estabelecida e madura e se baseia na reforma de gás natural, que representa 95% do hidrogênio atualmente produzido nos EUA. O gás natural contém metano (CH₄) que produz hidrogênio por processo térmico. Esse processo resulta em emissões de carbono durante o processamento térmico. Para ser considerado de

baixo carbono deve ser agregado instalações de CCUS.

Outra tecnologia já estabelecida e madura é a gaseificação de biomassa e a conversão do biogás resultante em hidrogênio. Como a biomassa se origina de retirada de carbono da atmosfera esse processo é de baixo carbono, embora tenha emissões de carbono.

A metodologia por eletrolise utiliza eletricidade para dividir a molécula de água em hidrogênio e oxigênio. Essa metodologia já está desenvolvida e em uso comercial. Para ser considerada de baixo carbono a eletricidade usada deve ser oriunda de fonte limpa de carbono.

A AIE estima que o consumo de hidrogênio deveria atingir 520 megatoneladas em 2070. A produção baseada em eletrolise representando 60% do total e os restantes 40% originados de produção por combustíveis fósseis acoplados a CCUS. Atualmente já existem instalações de produção por combustíveis fósseis acoplados a CCUS em sete localidades.

Apesar da importância de CCUS, o desenvolvimento dessa tecnologia tem sido lento e temos hoje apenas ao redor de 20 instalações operando em todo o mundo.

A importância de CCUS pode ser verificada economicamente. Os custos estimados que podem ser obtidos com uso de CCUS na produção de baixo carbono de amônia, para uso em fertilizantes, são estimados serem 20 a 40% superiores aos de produção com gás natural com emissões, enquanto a mesma produção de amônia com hidrogênio verde o aumento de custos é estimado em 50 a 150%.

CLASSIFICAÇÃO

Para identificação das fontes de origem do hidrogênio passou-se a classificar por “cores” os diversos tipos de fabricação de hidrogênio. Assim:

- Hidrogênio PRETO: o produzido a partir de carvão sem uso de CCUS
- Hidrogênio MARRON: o produzido a partir de gás natural sem uso de CCUS
- Hidrogênio CINZA: o produzido a partir de carvão com uso de CCUS
- Hidrogênio AZUL: o produzido a partir de gás natural com uso de CCUS
- Hidrogênio VERDE: o produzido a partir de eletrólise da água usando eletricidade de fonte limpa de carbono

Transporte do Hidrogênio: para seu uso disseminado ou o hidrogênio seria produzido de forma descentralizada ou uma infraestrutura de transporte e estocagem seria necessária.

O transporte do hidrogênio pode ser feito na forma gasosa ou líquida. Na primeira o mais econômico e mais usado é por meio de gasodutos. Na segunda, seria exigido instalações de liquefação. Estocagem seria necessária em ambas. Em alguns países, em particular nos EUA, já existem firmas especializadas nesse tipo de transporte. O aumento no consumo de hidrogênio exigirá a implantação de forte infraestrutura para tal.

Hidrogênio é o elemento químico de molécula mais leve. Seu transporte deve ser como gás pressurizado ou liquefeito. Assim, no ponto de consumo, infraestrutura adicional faz-se necessária.

CONSUMO do HIDROGÊNIO

Atualmente a produção mundial de hidrogênio destina-se basicamente ao uso em refinação de petróleo e produção de amônia para fertilizantes. Outros novos usos para hidrogênio poderão incluir: refino de metais; combustível líquido para indústrias (cimento e aço); combustível para transporte; armazenamento de energia.

Hidrogênio é um pilar estratégico nas futuras ações de descarbonização de determinadas indústrias. Entretanto, a maioria das tecnologias que podem trazer contribuições significativas ainda estão nascentes. No entanto, passos importantes estão sendo dados. O primeiro projeto piloto para produção de aço sem carbono e usando hidrogênio verde iniciou operação este ano na Suécia. Na Espanha, um projeto de produção de amônia a partir de hidrogênio verde iniciou operação no final de 2021. Outros projetos demonstrativos com uso de hidrogênio verde para produção de cimento, cerâmica, vidro estão em desenvolvimento.

Entretanto, o uso extensivo do hidrogênio ainda está no nascedouro e enfrenta competição com outras modalidades. Comentemos esses novos usos e desafios.

CIMENTO: na produção de cimentos dois terços das emissões são provenientes do aquecimento do calcário (produção do clínquer) e um terço da queima de combustíveis. Portanto, a melhor solução para reduzir emissões seria o uso de captura de carbono.

FERRO e AÇO: também na produção desses metais a solução mais econômica

seria captura de carbono. Custos de produção incorporando os modelos mais avançado de CCUS aumentariam o preço da produção convencional em menos do que 10%, enquanto soluções baseadas em uso de hidrogênio verde o aumento de custo seria de 35-70%.

AVIÕES: na área de aviação leve as chances de o hidrogênio ser mais econômico que uso de outros combustíveis parecem pequenas. Já para aviação de média e longa distância o hidrogênio, também deve enfrentar dificuldades já que embora sua densidade energética por peso seja vantajosa (alta capacidade energética por peso) o mesmo não ocorre com relação ao volume, o que exigiria estar comprimido ou liquefeito.

EMBARCAÇÕES: no caso de embarcações o hidrogênio, em especial na forma de amônia, parece ter futuro promissor.

VEICULOS INDIVIDUAIS: dificilmente os carros usando célula de energia a base de hidrogênio poderão competir com os carros elétricos a baterias. Inicialmente devemos considerar as dificuldades do transporte do hidrogênio e estocagem do mesmo entre a produção e os postos de atendimento aos usuários. Porém, mesmo sem essas considerações, parece difícil que possa ser econômico usar eletricidade para produzir hidrogênio, transportar esse hidrogênio, comprimir e estocar, e, depois, na célula de energia do carro transformar o hidrogênio de volta a eletricidade para acionar os motores, esse processo definitivamente traria grandes perdas de eficiência. A maior vantagem aparente dos carros a hidrogênio seria no tempo de recarga, já que os carros elétricos mesmo na carga rápida levam entre 30 e 40 minutos.

A indústria automotiva pesquisou o uso de carros movidos a hidrogênio e todos os fabricantes decidiram optar por carros elétricos a bateria. Hoje, apenas existem dois modelos a hidrogênio: o Toyota Mirai e o Hyundai Nexa.

TRENS: Trens e ônibus urbanos são mercados cuja alternativa de combustível não possui ainda um meio com claras vantagens (hidrogênio ou baterias). Igualmente para trens de longa distância. A exceção seria linhas de grande tráfego que possam justificar eletrificação das linhas usando veículos com contato para receber eletricidade da rede.

CAMINHÕES DE LONGA DISTÂNCIA: esse seria um modal que hidrogênio, per se, parece ser uma solução mais apropriada. No entanto, faz-se necessário considerar o custo de implantação da rede de distribuição com postos de abastecimento. Inclusive que, se o país decidir implantar rede de postos de

carregamento para carros elétricos, essa infraestrutura já estaria disponível duplicando-se com a de hidrogênio.

ARMAZENAMENTO DE ENERGIA: sendo hidrogênio uma forma de combustível, seu uso poderá resultar em armazenamento de energia. Hidrogênio é o combustível com a mais alta concentração de energia por massa, entretanto, à temperatura ambiente possui baixa concentração de energia por volume requerendo, portanto, desenvolvimento de métodos de armazenamento especiais. Armazenamento na forma gasosa usualmente é feito em tanques com pressão de 350-700 bar. Armazenamento na forma líquida requer temperaturas criogênicas visto que o ponto de ebulição a pressão ambiente é de $-252,8^{\circ}\text{C}$. Os mais frequentes locais de armazenamento gasoso sem aumento de pressão existentes são em áreas de grande volume, usualmente em campos de petróleo ou cavernas especiais.

PERSPECTIVAS para o FUTURO

O mundo busca soluções para o problema do aquecimento global criado pelo próprio homem e que coloca em risco sua própria sobrevivência. Nessa luta, todas as possibilidades de redução de emissões de carbono estão sendo tentadas. Entre elas surge como possibilidade o uso do hidrogênio, elemento químico existente no ar, e já usado como combustível em foguetes espaciais.

Nesse contexto, o uso de hidrogênio depende da forma de produzi-lo. Hoje sua produção é feita a partir de combustíveis fósseis. Para participar da “luta” pela descarbonização, o hidrogênio terá que ser produzido sem emissões, e, portanto, duas alternativas surgem preferenciais: produção por eletrolise da água usando fontes limpas de eletricidade, ou, desenvolver e implantar captura de carbono nas instalações usando combustíveis fósseis.

Um dos grandes desafios para o uso do hidrogênio é reduzir o custo de sua produção sem emissões. A AIE estima que com preços de gás natural existentes antes da pandemia a produção de hidrogênio pelo processo convencional (com emissões) varia entre UD\$ 0,5 a 1,7 por quilo, dependendo do local. A mesma AIE estima que com o uso de CCUS esses preços seriam entre US\$ 1 a 2 por quilo e usando eletrolise entre US\$ 3 a 8 por quilo. Existe, portanto, um grande desafio.

Outro desafio existe no mercado. Além dos usos já tradicionais do hidrogênio em petroquímica e fertilizantes o uso adicional em outras atividades enfrentará

concorrência, em especial com a eletricidade.

O Brasil tem uma política para a implantação de uma indústria de hidrogênio expressa no documento “Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio – MME – EPE” de fevereiro de 2021. Tal política define que o Brasil abraçará as oportunidades de desenvolvimento de todas tecnologias de produção no qual possa ser bastante competitivo, mas não se limitando àquelas sem emissão de carbono. Isto seria frontalmente contrário ao movimento mundial na luta contra o aquecimento global. Novamente ficaríamos “na contramão da história”.

Como indicado anteriormente, a custos atuais, a produção de hidrogênio verde não é competitiva. Portanto, é de se esperar que os investidores que estão se movimentando para instalações de produção no Brasil, tenham esperanças da manutenção dos subsídios existentes no preço da eletricidade de fontes renováveis, e que até aumentem no futuro.

Tivemos a infeliz experiência de, na década de 1970, ter que negociar contratos de fornecimento de eletricidade à metade dos custos de produção para fabricantes de alumínio que se instalaram em Barcarena (PA) e São Luís (MA). Tudo por determinação direta do governo militar de então. Estávamos, portanto, exportando alumínio e nele contida eletricidade cujo preço metade havia sido pago pelo consumidor brasileiro e não pelo fabricante do alumínio.

Espero que tenhamos aprendido nossa lição. Ao criar uma indústria de hidrogênio, o Brasil não deve repetir o erro do passado com a indústria do alumínio.

(1) Artigo publicado no jornal Canal Energia. Disponível em:

“<https://www.canalenergia.com.br/artigos/53192460/hidrogenio-o-brasil-nao-deve-repetir-o-erro-do-passado-com-o-aluminio>”. Acesso em 08 de novembro de 2021.

(2) Armando Ribeiro de Araujo é Engenheiro Eletricista formado pela UFRJ com Mestrado pelo Illinois Institute of Technology e Doutorado pela Universidade Federal de Itajubá. Tem cinquenta e cinco anos de experiência profissional com atuação no Brasil e em vários países. Atualmente é Consultor Individual com contrato com o Banco Mundial e outras entidades.

