

POTENCIAL ENERGÉTICO DE USINAS EÓLICAS NO RIO GRANDE DO SUL PARA PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO

VITOR ALVES LOURENÇO¹; GABRIEL BORGES DOS SANTOS²; IVANNA
FRANCK KOSCHIER³; WILLIAN CÉZAR NADALETTI⁴

¹ Universidade Federal de Pelotas – vitor.a.lourenco@gmail.com

² Universidade Federal de Pelotas – gabrielwxsantos@hotmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas– ivannafk@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas– williancezarnadaletti@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os altos preços dos combustíveis fósseis despertam elevada preocupação com a segurança energética, impulsionando o desenvolvimento da produção e armazenamento de hidrogênio de modo a garantir o fornecimento eficiente de energia, apoiando assim a integração de uma energia renovável intermitente e reduzindo as emissões de gases do efeito estufa (LOISEL et al., 2015). O hidrogênio é caracterizado como um combustível limpo, capaz de promover um desenvolvimento ambientalmente sustentável (MOSTAFAEIPOUR et al., 2016).

A eletrólise da água é uma técnica largamente aplicada para a produção do gás, nesse processo a água (H_2O) é decomposta em gás hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2) por meio de uma corrente elétrica. Apesar do método gerar um combustível com alta pureza e limpeza, possui alto consumo de energia, sendo esta problemática uma barreira à produção em larga escala (VALDÉS et al., 2013). Estudos indicam o uso da energia eólica para produzir hidrogênio como uma rota adequada para a geração de eletricidade a ser empregada para a eletrólise da água (QOLIPOUR et al., 2017). Ademais, a impossibilidade de produzir energia eólica sob demanda e o desperdício de energia devido ao excesso de geração que não pode ser absorvido pela rede pode ser resolvida através da produção e armazenamento de hidrogênio (SARRIAS-MENA et al., 2015).

O hidrogênio pode ser empregado em células de combustível para fornecer energia elétrica, sendo armazenado como energia em hidrocarbonetos ou em ar comprimido. Tais tecnologias representam um suprimento praticamente inesgotável de energia, uma vez que o eletrolisador pode operar ininterruptamente quase sem limites de armazenamento (SARRIAS-MENA et al., 2015). O Brasil está entre os nove países com capacidade instalada de energia eólica acima de 10.000 MW, sendo líder de mercado na América do Sul e o oitavo no ranking mundial (GWEC, 2017). Os recursos eólicos do Brasil excedem três vezes as necessidades atuais do país, mas a participação da energia eólica no consumo total de eletricidade no Brasil é de cerca de 7%. Atualmente, o Brasil possui 536 empreendimentos de geração de energia em operação, apresentando 13.135.243 kW de potência inspecionada. O estado do Rio Grande do Sul é o estado brasileiro com maior potencial de energia eólica (PERS, 2016), embora o maior estado produtor seja o Ceará (ABEEólica, 2017).

Com base no acima exposto, o objetivo desse trabalho foi determinar o potencial de produção de hidrogênio a partir da energia eólica, bem como a quantidade de energia elétrica que seria gerada a partir desse hidrogênio no Rio Grande do Sul considerando um excedente de energia eólica correspondente à seis horas diárias.

2. METODOLOGIA

Os dados utilizados para calcular o potencial de produção de hidrogênio a partir da energia eólica foram extraídos da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2019), que fornece dados acessíveis ao público sobre a energia gerada nos parques eólicos brasileiros. O cálculo do potencial de produção de hidrogênio apresentado por GUPTA (2009), e utilizado nesse estudo, envolve a quantidade de hidrogênio produzida por um parque eólico relacionada à produção anual de energia de turbinas eólicas (Equação 1):

$$H_{WT} = \frac{E_{WT} \eta_{conv}}{ec_{el}} \quad (1)$$

Onde:

H_{WT} : quantidade de hidrogênio produzido, em Nm^3 ;

E_{WT} : produção anual de energia de turbinas eólicas, em kWh;

η_{conv} : eficiência, igual a 85%;

ec_{el} : consumo de energia pelo eletrolisador, igual a 6 kWh.Nm⁻³

Segundo Nadaleti (2017), a geração de energia química a partir de combustíveis pode ser expressa pela Equação 2, já o potencial de geração de energia elétrica deve ser calculado com base na Equação 3:

$$H_{CE} = Q_H \times LCP_H \quad (2)$$

Onde:

H_{CE} : produção de energia química a partir do hidrogênio, em MJ.d⁻¹;

Q_H : vazão média de hidrogênio, em m³.d⁻¹;

LCP_H : poder calorífico inferior, em MJ.m⁻³

$$H_{EE} = H_{CE} \times \eta \times CE \quad (3)$$

Onde:

H_{EE} : produção de eletricidade a partir de hidrogênio, em kW.d⁻¹;

η : eficiência do gerador de energia elétrica hidrogênio redox com célula eletrolítica de hidrogênio e célula de combustível, igual a 70%;

CE : fator de conversão de MJ para kWh, igual a 0.2778

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Atualmente, o estado possui parques eólicos em operação distribuídos entre as cidades de Tramandaí, Osório, Palmares do Sul, Santana do Livramento, Viamão, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Chui, Pelotas e Xangri-lá, totalizando 1,83E + 06 kW de energia instalada. No RS, os ventos tendem a soprar com menos intensidade nas primeiras 12 horas do dia, aumentando em intensidade a partir do início da tarde. Para calcular o potencial de hidrogênio a ser gerado, foi utilizada a Equação 1 considerando um excesso de produção de energia eólica de seis horas diárias destinadas à produção do gás, desse modo foram obtidos os resultados apresentados na Figura 1:

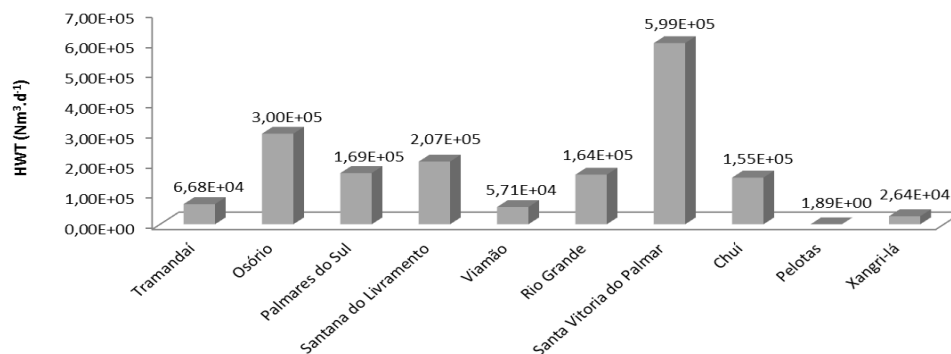


Figura 1 – Potencial de produção de hidrogênio no RS.

O potencial de produção de hidrogênio no RS totalizou $1,74E + 06 \text{ Nm}^3.\text{d}^{-1}$. Segundo ADAMI et al. (2017), o governo do estado do RS aborda a energia eólica como a melhor estratégia para o desenvolvimento de energia na região devido ao fato de possuir uma abundância de recursos eólicos e infraestrutura de linhas de transmissão instaladas próximas aos parques eólicos. Santa Vitória do Palmar se destaca com alto potencial de produção de hidrogênio e alta produção de energia eólica por possuir a baixa rugosidade do relevo na região (ATLAS, 2016)

A velocidade média anual do vento para o RS a 100 m ao longo do trecho costeiro nas regiões sul e sudoeste do estado têm velocidades de vento variando de 7 a 9 ms^{-1} (ATLAS, 2016). Devido a esses fatores, os parques eólicos no estado do Rio Grande do Sul estão localizados principalmente em cidades ao redor do litoral, exceto os parques eólicos na cidade de Sant'Ana do Livramento, localizada no sudoeste do estado. O plano energético do estado (PERS, 2016) afirma que a região sul do estado, em particular a cidade de Santa Vitória do Palmar, reúne um dos maiores polos eólicos do estado, o que corrobora para os dados de potencial obtidos nesse estudo, onde a produção do município de Santa Vitória do Palmar alcançaria $5,99E + 05 \text{ Nm}^3.\text{d}^{-1}$ de hidrogênio, cerca de 34% do total do estado.

Para obtenção dos dados apresentados na Figura 2 foi realizado o cálculo da conversão de hidrogênio em eletricidade através as Equações 2 e 3:

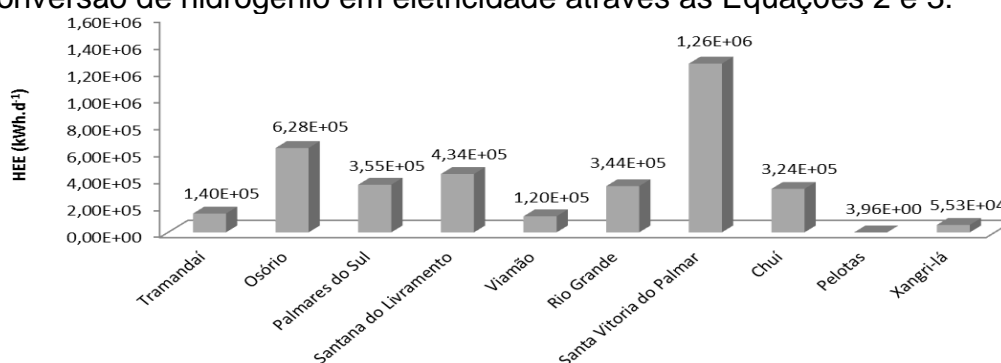


Figura 2 – Potencial de produção de energia elétrica a partir do hidrogênio.

Desse modo o estado totalizou um potencial de $3,65E+06 \text{ kWh.d}^{-1}$ equivalente à $1,10E+06 \text{ MWh.mes}^{-1}$. Considerando que a soma das classes de consumidores de eletricidade (residencial, industrial, comercial, rural, serviço público e iluminação pública) na região sul do país para os meses de janeiro a maio de 2019 foi de $7,66E+06 \text{ MWh.mes}^{-1}$ (EPE, 2019), esse estudo evidencia grande potencial energético na utilização da energia excedente de usinas eólicas para a produção de hidrogênio.

4. CONCLUSÕES

O potencial de hidrogênio e energia elétrica no Rio Grande do Sul é alto e surge como uma possibilidade de elevar a segurança energética do estado e região, uma vez que o uso da energia excedente dos ventos para produzir hidrogênio via eletrólise da água pode oferecer uma solução para a dependência meteorológica das usinas eólicas uma vez que a eletricidade pode ser armazenada como hidrogênio e transformada novamente em eletricidade em períodos de baixo potencial eólico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABEEólica – Associação Brasileira de Energia de Eólica. **Boletim Anual de Geração Eólica 2017**. Acessado em 20 mar. 2019. Online. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2018/04/Boletim-Anual-de-Geracao-2017.pdf>
- ADAMI, V. S.; ANTUNES, J. R. J. V.; SELLITO, M. A. Regional industrial policy in the wind energy sector: The case of the State of Rio Grande do Sul, Brazil. **Energy Policy**, v.111, p.18–27, 2017.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **BIG - Banco de Informações de Geração**, 2019. Acessado em 20 mar. 2019. Online. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- ATLAS. Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Secretaria do Desenvolvimento e Promoção do Investimento. **Atlas Eólico do Rio Grande do Sul**. Acessado em 20 mar. 2019. Online. Disponível em: <http://minasenergia.rs.gov.br/atlas-eolico-2016-03>
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Monthly Consumption of Electric Energy by Class (regions and subsystems)**. 2019. Acessado em 20 mar. 2019. Online. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-mensal-de-energia-eletrica-por-classe-regioes-e-subsistemas>
- GUPTA, R. B. **Hydrogen fuel: production, transport, and storage**. Boca Raton: Taylor & Francis Group; 2009.
- GWEC - Global Wind Energy Council. **GLOBAL WIND REPORT, ANNUAL MARKET UPDATE 2017**. Acessado em 20 mar. 2019. Online. Disponível em: <http://gwec.net/publications/global-wind-report-2/>
- LOISEL, R.; BARANGER, L.; CHEMOURI, N.; SPINU, S.; PARDO, S. Economic evaluation of hybrid off-shore wind power and hydrogen storage system. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.40, p.6727-39, 2015.
- MOSTAFAEIPOUR, A. L.; KHAYYAMI, M.; SEDAGHAT, A.; MOHAMMADI, K.; SHAMSHIRBAND, S.; SEHATI, M.; GORAKIFARD, E. Evaluating the wind energy potential for hydrogen production: A case study. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.41, p.6200-10, 2016.
- NADALETI, W. C. **Aproveitamento de biogás, hidrogênio e gás de síntese no setor de transporte público e agroindustrial de arroz: estudo de potencial energético de resíduos e emissões de poluentes**. 2017. 235f. Dissertation (Doctoral Degree in Environmental Engineering) - Graduate Program in Environmental Engineering, Federal University of Santa Catarina.
- PERS. Plano Energético do Rio Grande do Sul, período 2016-2025. Secretaria de Minas e Energia do Estado do Rio Grande do Sul, 2016.
- QOLIPOUR, M.; MOSTAFAEIPOUR, A.; TOUSI, O. M. Techno-economic feasibility of a photovoltaic-wind power plant construction for electric and hydrogen production: A case study. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.78, p.113-23, 2017.
- SARRIAS-MENA, R.; FERNÁNDEZ-RAMÍREZ, F.; GARCÍA-VÁZQUEZ, C. A.; JURADO, F. Electrolyzer models for hydrogen production from wind energy systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.40, p.2927-38, 2015.
- VALDÉS, R.; LUCIO, J. H.; RODRÍGUEZ, L. R. Operational simulation of wind power plants for electrolytic hydrogen production connected to a distributed electricity generation grid. **Renewable Energy**, v.53, p. 249-57, 2013.