

## POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO VIA ELETRÓLISE A PARTIR DE FONTES EÓLICAS

IVANNA FRANCK KOSCHIER<sup>1</sup>; MARLON HEITOR KUNST VALENTINI<sup>2</sup>;  
GABRIEL BORGES DOS SANTOS<sup>2</sup>; EWERSON HENRIQUE SARTO<sup>2</sup>; LETÍCIA  
BRANDÃO CALDAS<sup>2</sup>; WILLIAN CÉZAR NADALETTI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [ivannafk@hotmail.com](mailto:ivannafk@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [marlon.valentini@hotmail.com](mailto:marlon.valentini@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [gabrielwxsantos@hotmail.com](mailto:gabrielwxsantos@hotmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [ewersonhs30@gmail.com](mailto:ewersonhs30@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas – [leticia.lbc@hotmail.com](mailto:leticia.lbc@hotmail.com)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas – [williancezarnadaletti@gmail.com](mailto:williancezarnadaletti@gmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

Devido à grande aplicação industrial, em todo o mundo, a demanda energética tem aumentado rapidamente. Claramente, a energia desempenha um papel essencial em muitos países. Por outro lado, 80% da matriz energética global ainda é obtida através de utilização de combustíveis fósseis de forma crescente. Além disso, problemas relacionados à energia são numerosos, tais como emissões de carbono, aquecimento global, riscos ambientais e gases de efeito estufa (MOSTAFAEIPOUR et. al., 2016).

Para tal fato, faz-se necessários estudos que busquem por alternativas para esta problemática. Neste ponto, introduz-se a energia eólica e o hidrogênio como representativos. Para ALAVI et. al. (2016), dentre os possíveis métodos de geração de eletricidade através de fontes renováveis, a energia eólica, que é definida pela conversão da energia cinética das massas de ar em movimento captada pelas turbinas eólicas em energia elétrica, é acreditada por ser a opção com melhor custo-benefício.

O hidrogênio pode ser obtido via eletrólise da água com a utilização de energia elétrica fornecida por fontes eólicas, por exemplo. É o mais abundante de todos elementos químicos do universo (ACAR; DINCER, 2014) e 1.33 vezes mais eficiente para utilização em automóveis do que a gasolina (MOSTAFAEIPOUR et. al., 2016). Considerado um combustível limpo e transportador eficiente e versátil de energia. Juntas, essas duas fontes podem satisfazer todas as demandas energéticas e formar um sistema de energia que é permanente e independente de outras fontes (SHERIF et al., 2005).

Aliado a estes fatores, salienta-se que o hidrogênio gerado a partir de fontes renováveis tem sido apontado como a questão-chave a ser abordada para que seja traçado o caminho a uma economia baseada em hidrogênio (RODRÍGUEZ et. al., 2010), a atenção mundial tem se voltado para a promessa desta economia (RAHMOUNI et. al., 2016). O custo para produção de energia eólica tem caído continuamente quando comparado a outras tecnologias nos últimos anos e está se aproximando de um nível em que o mesmo possui capacidade competitiva com tecnologias convencionais amplamente exploradas (MOSTAFAEIPOUR et. al., 2016).

Com o crescente interesse em hidrogênio de um lado e a crescente competitividade da energia eólica do outro, torna-se de interesse o sistema de integração eólico-hidrogênio, atraindo maior atenção no futuro próximo (SHERIF et. al., 2005) e se fazendo de importância a condução de estudos que visem incrementar o rendimento deste processo produtivo afim de possibilitar o

fornecimento de energia de hidrogênio a áreas remotas e de baixa incidência de massas de ar (GREINER et. al., 2007). Este trabalho tem como objetivo principal proporcionar uma revisão bibliográfica que apresenta extrema importância para a quantificação e seleção de metodologias que sejam capazes de determinar potencial de produção de hidrogênio como fonte de energia estocável.

## 2. METODOLOGIA

Este trabalho fora elaborado através de uma compilação e comparação de levantamentos bibliográficos do meio científico. Revisa as metodologias aplicadas ao cálculo de capacidade de produção de hidrogênio via eletrólise da água utilizando-se da energia produzida por fontes eólicas. Baseia-se em dados referenciados em artigos e revistas científicas desta área de estudo.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo ALAVI et. al. (2016), para a determinação do montante de hidrogênio produzido pelo sistema de eletrólise são necessárias definições de dois parâmetros: a eficiência do retificador utilizado e a energia consumida pelo eletrolisador. A eficiência do retificador depende de vários fatores, como sua tipologia e componentes utilizados, adquirindo valores entre 80% e 95%. Além disso, os valores típicos de consumo de energia por eletrolisadores são aproximadamente 5-6kWh/Nm<sup>3</sup>.

O montante de hidrogênio produzido por uma fazenda eólica possui uma relação direta com a produção anual de energia eólica. A equação 1 expressa o montante de hidrogênio ( $H_{WT}$ ) em Normal Metro Cúbico (Nm<sup>3</sup>):

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

onde,  $E_{WT}$  é a produção anual de energia por turbinas eólicas (MWh),  $\eta_{conv}$  é a eficiência do conversor expressa em decimal e  $ec_{el}$  é a energia consumida pelo eletrolisador (kWh/Nm<sup>3</sup>). Salienta-se que 1 kg de hidrogênio é equivalente à 11,13 Nm<sup>3</sup>. Percebe-se que esta metodologia busca quantificar a produção de hidrogênio relacionando-a a produção de energia eólica.

No estudo conduzido por SACRAMENTO et. al. (2008) no estado do Ceará, foram considerados 3 cenários no qual os combustíveis fósseis serão substituídos pelo hidrogênio de forma exponencial a um parâmetro de duplicação do tempo ( $\theta_{hn}$ ) que exerce grande influência na produção de hidrogênio, podendo ser expresso pelas equações 2, 3 e 4:

$$\theta_{hn} = 2 + 0,2(n - 1) \quad (2)$$

$$\theta_{hn} = 2 + 0,25(n - 1) \quad (3)$$

$$\theta_{hn} = \infty \quad (4)$$

onde,  $n$  é o ano. A equação 2 representa o cenário 1 de introdução rápida, a 3 representa o cenário 2 de introdução lenta e a 4 representa o cenário 3 de não introdução. Segundo os autores, no cenário 1 o intervalo de implementação plena do hidrogênio ao balanço energético do Ceará se deu do ano 2 ao 21, já no cenário 2 se deu do ano 2 ao 26 e no cenário 3 a implementação plena não se deu.

A produção de hidrogênio ( $H_n$ ) pode ser expressa pela equação 5:

$$H_n = H_{n-1} \exp\left(\frac{0,6931\Delta t_n}{\theta_{hn}}\right) \quad (5)$$

onde,  $H_{n-1}$  é a produção no ano  $t_{n-1}$  e  $\Delta t_n$  é o intervalo de tempo, ou seja:  $\Delta t_n = t_n - t_{n-1}$ . Desta forma é possível notar que esta metodologia quantifica a produção de hidrogênio por um método de estipulação de valor a determinado tempo e modo de introdução da tecnologia, onde se considera um valor de produção de hidrogênio inicial anteriormente calculado por determinada metodologia ou obtido através da utilização de dados fornecidos.

Para RAHMOUNI et. al., uma vez que o potencial médio de energia elétrica de fontes eólicas para determinada região é obtido através de cálculos por determinada metodologia ou dados fornecidos, o potencial técnico para produção anual de hidrogênio ( $M_{H_2}$ ) expresso em kg/km<sup>2</sup>/ano pode ser estimado pela equação 6:

$$M_{H_2} = \frac{E_{H_2}}{HHV_{H_2}} = \frac{\eta_{Elec} E_{RES}}{HHV_{H_2}} \quad (6)$$

onde,  $E_{H_2}$  (kWh/km<sup>2</sup>/ano) é o hidrogênio produzido,  $HHV_{H_2}$  (kWh/kg) é o maior valor de aquecimento de hidrogênio (39,4 kWh/kg),  $\eta_{Elec}$  é a eficiência do sistema eletrolisador e  $E_{RES}$  (kWh/km<sup>2</sup>/ano) é o potencial de produção de energia renovável, neste caso a eólica. Desta forma, interpreta-se que equação 6 é capaz de quantificar a produção de hidrogênio relacionando-a a produção de energia eólica.

Conforme o estudo apresentado por HONNERY e MORIARTY (2009), o potencial de produção global anual de hidrogênio ( $E_{HT}$ ) através de fontes eólicas, expresso em Ej, é possível de ser calculado através da equação 7:

$$E_{HT} = \sum_{i=1}^n E_{HT,i} = \sum_{i=1}^n (E_{H,i} - E_{lc,i}) \quad (7)$$

onde,  $E_{HT,i}$  (Ej) é o potencial individual de produção de hidrogênio anual que é fornecido aos centro urbanos por um sistema de tubulações,  $E_{H,i}$  (Ej) é o potencial de produção de hidrogênio anual pelo eletrolisador e  $E_{lc,i}$  (Ej) é a energia total anual requerida pelo compressor. Através de uma interpretação da equação 7, entende-se que a mesma é capaz de fornecer uma quantificação estimativa da produção de hidrogênio global através de um somatório de todos potenciais, diretamente relacionados à produção do eletrolisador utilizado para a conversão menos o gasto energético para a compressão deste gás para transporte do mesmo, com estes valores anteriormente calculados por determinada metodologia ou fornecidos.

#### 4. CONCLUSÕES

Após observação das metodologias analisadas é possível concluir que as mesmas possuem capacidade de fornecer dados de interesse para a viabilização e quantificação de hidrogênio produzido por fontes eólicas de formas variadas dependentes de informações preestabelecidas.

Percebe-se a importância da exploração desta tecnologia para o desenvolvimento da técnica visto que ainda são considerados desafios neste processo o custo das turbinas e eletrolisadores, a otimização do sistema turbina-eletrolisador-armazenagem e a redução do preço de custo para produção de hidrogênio, que ainda é entre 6-10 vezes mais caro do que por outras alternativas, fatos muito salientados pelos autores. Sua exploração contribuiria na diversificação da matriz energética dos países, criando oportunidades para o uso sustentável dos recursos energéticos, reduzindo a poluição ambiental e consequentemente incrementando a qualidade de vida.

Portanto, faz-se extremamente necessária a condução de mais estudos na área a níveis econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e científicos para a

viabilização de projetos e sensibilização de órgãos políticos, públicos e privados financiadores para com esta causa.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SACRAMENTO, E. M.; SALES, A. D.; DE LIMA, L. C.; VEZIROGLU, T. N. A solar–wind hydrogen energy system for the Ceará state – Brazil. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.3, n.20, p.5304 – 5311, 2008.
- MOSTAFAEIPOUR, A.; 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, n.15, p.1 – 11, 2016.
- RAHMOUNI, S.; NEGROU, B.; SETTOU, N.; DOMINGUEZ, J.; GOUAREH, A. Prospects of hydrogen production potential from renewable resources in Algeria. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.42, n.2, p.1 – 13, 2016.
- ACAR, C.; DINCER, I. Comparative assessment of hydrogen production methods from renewable and non-renewable sources. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.39, n.1, p.1 – 12, 2014.
- ALAVI, O.; MOSTAFAEIPOUR, A.; QOLIPOUR, M. Analysis of hydrogen production from wind energy in the southeast of Iran. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.41, n.34, p.1 – 14, 2016.
- RODRÍGUEZ, C. R.; RISO, M.; YOB, G. J.; OTTOGALLI, R.; CRUZ, R. S.; AISA, S.; JEANDREVIN, G.; LEIVA, E. P. M. Analysis of the potential for hydrogen production in the province of Córdoba, Argentina, from wind resources. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.35, n.11, p.5952 – 5956, 2010.
- GREINER, C. J.; KORPAS, M.; HOLEN, A. T. A Norwegian case study on the production of hydrogen from wind power. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.32, n.10-11, p.1500 – 1507, 2007.
- SHERIF, S. A.; BARBIR, F.; VEZIROGLU, T. N. Wind energy and the hydrogen economy – review of the technology. **Solar Energy**, v.78, n.5, p.647 – 660, 2005.
- HONNERY, D.; MORIARTY, P. Estimating global hydrogen production from wind. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.34, n.2, p.727 – 736, 2009.