

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores

**CÉLULAS A COMBUSTÍVEL PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA
NOS HORÁRIOS DE PICO DE DEMANDA**

FUEL CELLS TO REDUCE POWER CONSUMPTION DEMAND IN PEAK HOURS

Maicon Miotto, Diogo Franchi, Frank Gonzatti, Guilherme Basso, Felix Alberto Farret e Fredi Ferrigolo Zancan

RESUMO

Devido a variação ao longo do dia na demanda de energia elétrica no Brasil, há a necessidade de injeção de energia, por meio de fontes caras e poluentes, nos horários de maior consumo, sendo este, o principal motivo para a elevação nos custos. Assim, uma forma de reduzir esse pico é a geração de hidrogênio durante a madrugada, onde o consumo de energia e o preço pago por ela são menores. Posteriormente, no horário de ponta, transformando o hidrogênio acumulado em energia elétrica, através da Célula a Combustível e injetando a mesma na rede elétrica. Esta proposta está sendo desenvolvida em um projeto realizado no CEESP – UFSM em parceria com a CEEE. Tal arranjo mostrou-se eficaz, mesmo que os altos custos de aquisição para a implementação deste sistema, ainda os tornem inviáveis.

Palavras-chave: Energia alternativa, Redução do pico de demanda, Células a combustível, Eletrólise da água, Armazenamento de hidrogênio.

ABSTRACT

The electricity demand on the Brazil changes during the day elevating the costs of electrical energy. The need of energy injection by expensive and polluting sources in peak hours is the main reason of this high costs. One way to reduce this peak is generate hydrogen during the dawn when the power consumption and the price paid for the electrical energy are smaller. Later, during peak hours, the accumulated hydrogen is used in a fuel cell to generate electricity and inject it in the mains grid. This proposal is being developed in a project carried out in the CEESP - UFSM in a partnership with CEEE. Such arrangement proved effectiveness, but the high costs of this system implementation makes it still unviable.

Keywords: Alternative Energy, Reduction of peak demand, Fuel cells, Electrolysis of water, Hydrogen storage.

OBJETIVOS

Diminuir a carga vista pela rede pública nos horários de ponta usando Células a Combustível do tipo PEM, fonte renovável e limpa, ao invés de fontes fósseis, como as térmicas, atualmente utilizadas para ajudar a suprir a demanda no horário de ponta. A implementação deste sistema visa reduzir os custos com energia elétrica de indústrias e afins, podendo, também, aproveitara energia térmica gerada pelo processo.

REVISÃO DE LITERATURA

A produção e transmissão de energia elétrica do Brasil, em sua grande maioria, são interligadas, com predominância da geração hidráulica e térmica de grande porte. Por questões geográficas e culturais do Brasil dispõe-se de demandas irregulares ao longo do dia, ocasionando picos de consumo em determinados horários. Muitas vezes, para suprir esses picos de carga, é preciso acionar as fontes reservas para geração de energia, sendo utilizadas em larga escala para este fim, as usinas térmicas, as quais são muito poluentes, caras e finitas. Como o custo deste meio de geração de energia é maior, as concessionárias de energia criaram estruturas de tarifações para cobrir esse custo extra.

A estrutura da tarifa convencional caracteriza-se pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Como o período de consumo das 18 às 21 horas é o de maior demanda, chamado de horário de ponta, e a oferta de energia varia de acordo com o período do ano, a estrutura horo-sazonal foi criada para limitar o uso de energia elétrica no horário de pico e nas estações de menores ofertas, aplicando tarifas diferenciadas de consumo de energia e demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano, especificadas como tarifas verde (Horo-Sazonal Verde - HSV) e azul (Horo-Sazonal Azul - HSA).

A tarifa verde bem como a azul, aplicam tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano. A diferença entre elas está no fato de que a verde possui uma única tarifa de demanda de potência, já a azul, possui tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia (ANEEL, 2005).

Uma alternativa para diminuir o uso da energia da rede nos horários de ponta, seria a geração distribuída com células a combustível (CaC) do tipo PEM (Correa et al., 2005), pela sua alta eficiência, confiabilidade, maior facilidade comparativa para aquisição, flexibilidade, reduzida emissão de poluentes e durabilidade. Essa proposta visa reduzir custos para as empresas em energia, além de diminuir a necessidade do uso das termoelétricas. Esta alternativa está sendo estudada em um projeto, realizado no CEESP – UFSM em parceria com a CEEE, o qual abrange desde a geração de H₂ até a produção da energia elétrica pela CaC.

Como as CaC produzem energia elétrica como resultado de reações eletroquímicas de oxidação-redução (Larminie e Dicks, 2003), que ocorrem pela passagem de um gás rico em H₂ através do anodo e de O₂ no catodo. Propõem-se, então, gerar hidrogênio por eletrólise da água com a energia disponibilizada para a rede, em horário fora de ponta e com tarifação baixa, para posteriormente ser usado na CaC. Já o oxigênio, será usado o presente no ar. A descrição detalhada do processo de eletrólise pode ser encontrada em (Silva, 1991).

Como ilustrado na figura 1, o suprimento de energia elétrica para o eletrolisador vem da rede pública local, nos horários de baixo consumo. Após a produção do H₂, este será armazenado nos cilindros de baixa pressão a base de hidretos metálicos, pois segundo Mellouli et al. (2009), dentre as principais vantagens no uso de hidretos metálicos destaca-se alta densidade energética por unidade de massa, ou seja, comparando com outras formas de armazenamento, para a mesma massa de hidrogênio, os hidretos ocupam um volume muitas vezes menor.

O hidrogênio gerado, será utilizado em uma CaC que produzirá energia elétrica em corrente contínua, calor e água (Amphlett et al., 1995). A energia elétrica CC passará por um conversor CC/CC para amplificar a tensão, e logo após por um inversor CC/CA para convertê-la em corrente alternada e ser injetada de volta na rede pública. O projeto, topologias e métodos de controle de conversores CC/CC e inversores CC/CA podem ser encontrados em (Pomilio, 2009; Rashid, 2001; Goodwin et al., 2000; Mohan, 2003).

O calor proveniente do eletrolisador, das células a combustível e dos conversores de potência será usado para alimentação da carga térmica do consumidor.

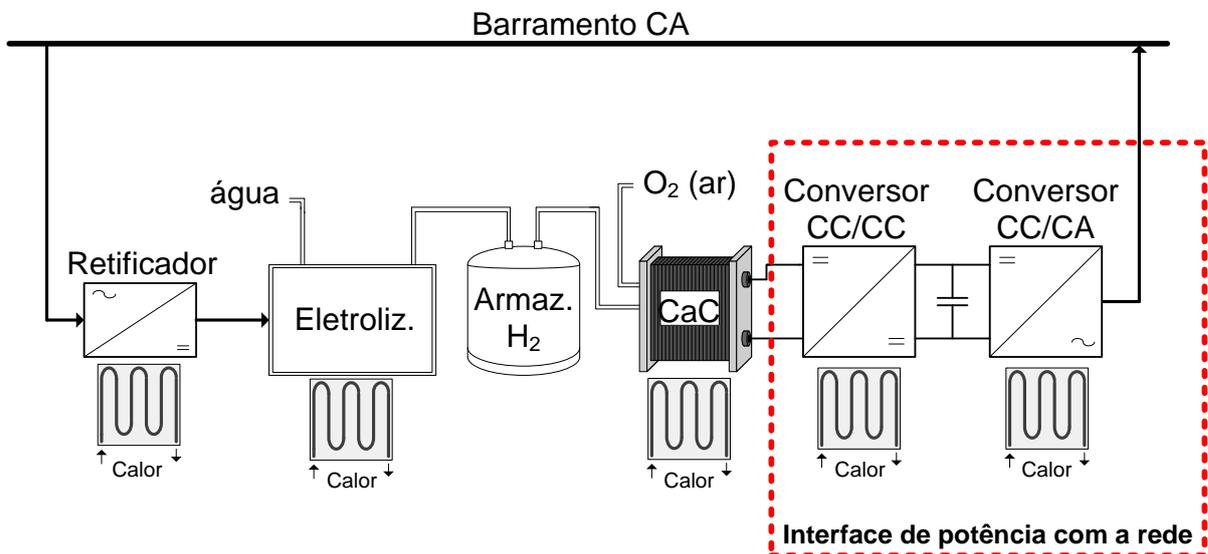


Figura 1 –Protótipo com a interface de injeção de energia na rede.

METODOLOGIA

Foi realizado um estudo com base em dois modelos de tarifações, a Zona Sazonal Azul e Zona Sazonal Verde visando a produção de energia com CaC do tipo PEM no horário de ponta. Para cada zona sazonal foi proposto três possibilidades de configuração da produção de hidrogênio para consumo no horário de ponta visando à redução de custos do consumidor. A primeira se constitui na produção de hidrogênio por eletrólise nos horários de ponta e fora de ponta. O segundo propõe produzir hidrogênio durante todo o horário fora de ponta. E o terceiro, seria produzir o hidrogênio somente durante a madrugada (00:00 às 06:00). Com os dados desta operação pode-se verificar a margem de lucro ou prejuízo gerada por cada configuração de produção de hidrogênio e zonas sazonais.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Após realizar os estudos sobre as zonas sazonais e as três configurações para geração de hidrogênio, verificou-se que a mais vantajosa é a terceira, ou seja, gerar H₂ somente durante a madrugada. Conforme ilustrado na figura 2, a linha de cor azul representa a carga demandada da rede elétrica ao longo do dia, a linha de cor vermelha representa o horário no qual será produzido H₂, das 00:00 às 06:00 horas, por se tratar de um período que possui uma demanda menor e também uma baixa tarifação, sendo propícia a produção de hidrogênio nesse horário.

Como a CaC será acionada no horário de ponta, a linha de cor verde situada na faixa de horário em pauta, representa a demanda injetada pela célula à rede como ilustra a figura 2. Por se tratar de um período no qual a demanda é muito alta, e a tarifa ser bem maior em relação às outras é favorável injetar esta energia à rede por ser mais limpa, menos custosa em relação às outras fontes utilizadas para este fim e por se tratar de uma fonte renovável.



Figura 2 - Curva de carga modificada de um alimentador real.

Com isso, mesmo considerando as perdas por eficiência, o sistema é viável, gerando lucro quando comparado com o consumo de energia da rede pública nos horários de ponta.

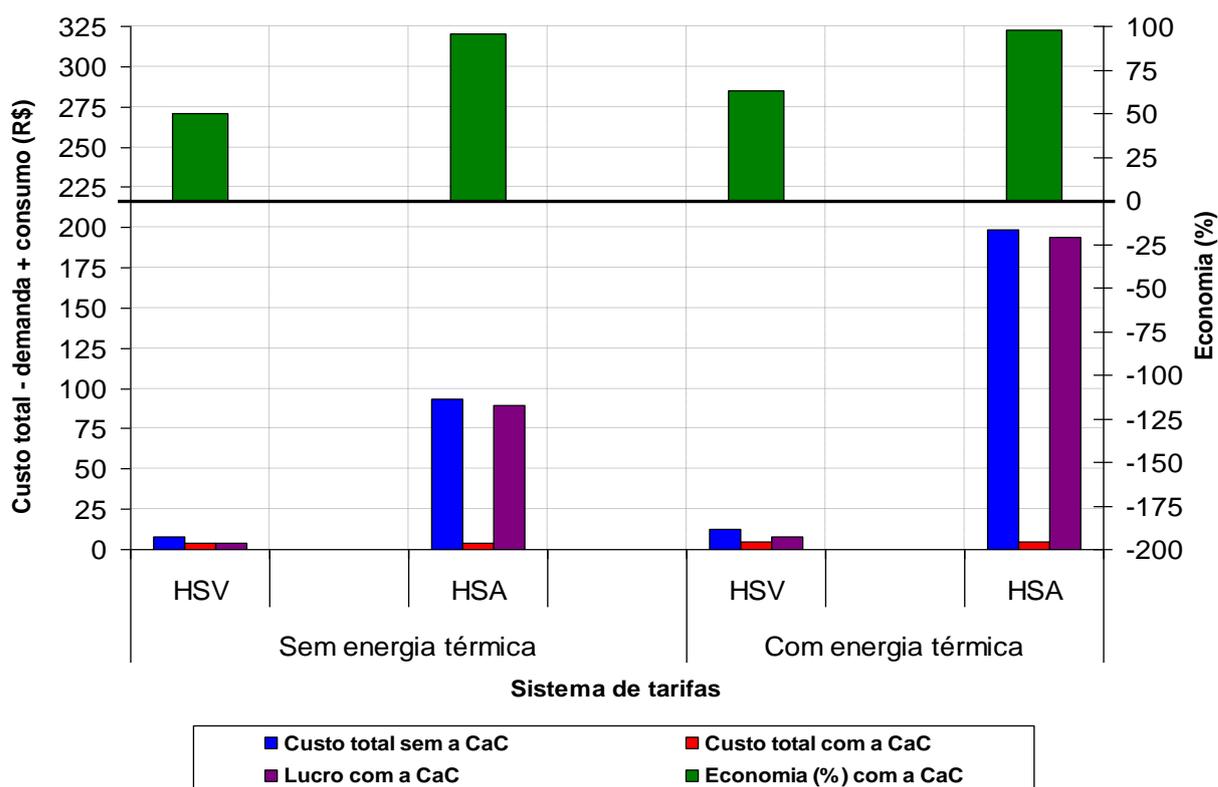


Figura 3 - Economia no custo total (demanda + consumo) com e sem uso da CaC.

Na figura 3 está representada a relação do custo total com e sem a célula a combustível. Em azul, é ilustrado o custo total com o consumo da energia da rede, enquanto em vermelho, é o custo para produzir essa mesma energia com a célula a combustível, obtendo o lucro representado em roxo. Em verde pode ser observado a economia gerada em cada configuração, levando em conta, também, o uso ou não da energia térmica.

Além desta análise sobre a economia com o protótipo de geração integrada proposto, devem-se levar em consideração os seus custos iniciais de implantação e o tempo para retorno dos investimentos, que neste trabalho foram desconsideradas.

A geração de hidrogênio por eletrólise, armazenamento do mesmo, e consumo deste na CaC para gerar energia elétrica nos horários de pico, proposto pelo trabalho, serve para diminuir a demanda vista pela rede pública no horário de ponta através da injeção desta à rede. Com isso, fica demonstrado que esta pode ser uma possível solução para os impasses em momentos onde a demanda é muito alta, já que esta solução se apresentou eficiente, menos poluente e lucrativa, mesmo que não seja uma boa solução sob o ponto de vista energético, visto que consome mais energia do que gera. Portanto, conclui-se que implantar este sistema, ainda é inviável devido ao seu alto custo, por ser uma tecnologia recente, pouco difundida e por demandar ainda muita pesquisa.

LIMITAÇÕES

A aquisição da CaC, geradores de hidrogênio e hidretos metálicos não estão disponíveis no mercado interno, sendo necessário busca-los no exterior, dificultando a

concretização do projeto. Outro empecilho é obtenção de equipamentos como válvulas, sensores e itens de segurança que possam ser usados com o hidrogênio. Além de seus preços serem muito elevados, por serem tecnologias novas e pouco difundidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Cadernos Temáticos ANEEL - Tarifas de Fornecimento de Energia Elétrica**, Brasília: DF, Brasil, 2005.

AMPHLETT, J.C. BAUMERT, R.M. MANN, R.F. B.A. PEPPLEY, B.A. ROBERGE, P.R. **Performance modeling of the Ballard Mark IV solid polymer electrolyte fuel cell - I. Mechanistic model development.** Journal of The Electrochemical Society, v.142, n.1, p.1-8. Jan. 1995.

CORREA, J.M., FARRET, F., POPOV, V.A., SIMOES, M.G. **Sensitivity analysis of the modeling parameters used in simulation of proton exchange membrane fuel cells.** p.211 a 218, IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol. 20, 2005.

GOODWIN, G.C.; GRAEBE, S.F.; SALGADO, M.E., **Control system design.** Livro, Valparaíso, Janeiro, 2000.

LARMINIE, J., DICKS, A. **Fuel cell systems explained.** 308 p., Ed. John Wiley & Sons, Inglaterra, 2003.

MELLOULI, S. ; DHAOU, H. ; ASKRI, F. ; JEMNI, A. ; NASRALLAH, S. **Hydrogen storage in metal hydride tanks equipped with metal foam heat exchanger.** International Journal of Hydrogen Energy, v.34, p. 9393 a 9401, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME), **Balço Energético Nacional 2011**, Ano base 2010, Empresa de Pesquisa Energética: EPE, RJ, Brasil, 2011.

MOHAN, N., **Power electronics and drives: enabling technologies**, livro, 2003.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). **Dados Relevantes de 2010.** Disponível em: <<http://www.ons.com.br>>. Acesso em 20 Jan. 2011.

POMILIO, J.A., **Conversores cc-ca como fontes de alimentação com frequência fixa.** Apostila didática, UNICAMP, Brasil, 2009.

RAMOS, D.B. **Gerenciamento da climatização de células a combustível do tipo PEM para integração com a rede pública de energia elétrica visando à eficiência energética.** Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

RASHID, M.H., **Power electronics handbook.** Academic Press, 2001.

SILVA, E.P. **Introdução à Tecnologia e Economia do Hidrogênio.** Campinas-SP. Ed. Unicamp, 1991.