

ANÁLISE DA TARIFA BRANCA EM UNIDADE RESIDENCIAL UTILIZANDO O PROGRAMA *HOMER PRO*: UM ESTUDO DE CASO EM ITUMBIARA-GO

SERGIO BATISTA DA SILVA^{1*}, OLÍVIO C. N. SOUTO²; DIOGO M. SOUZA³; CARLOS A. A. CAMPOS³; FELIPE G. VICENTE³; GABRIEL O. KOLAILAT³

¹Dr. em Sistemas de Energia, IFG, Itumbiara-GO, sergio.eng@gmail.com

²Dr. em Sistemas de Energia, IFG, Itumbiara-GO, olivio.souto@gmail.com

³Graduandos do curso de Engenharia Elétrica – IFG, Itumbiara-GO

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

RESUMO: Entre as tendências do mundo contemporâneo, estão o crescimento da necessidade de suprimento energético e o aumento das preocupações ambientais. Se, por um lado, fontes renováveis de energia, como a solar, eólica e biomassa, apresentam menor impacto ambiental na geração de eletricidade, a inserção dessas fontes no sistema elétrico adiciona insegurança e imprevisibilidade no suprimento, tendo em vista a natureza intermitente. Nesta perspectiva, para estimular o uso eficiente de energia, a ANEEL estabeleceu uma nova modalidade tarifária, a Tarifa Branca. Este artigo tem por objetivo, avaliar a opção desse novo sistema de tarifação de energia frente a tarifação convencional. Para essa análise, simulações foram realizadas utilizando a ferramenta computacional HOMER Pro Energy aplicado a consumidores residenciais, considerando o perfil de carga com o uso de sistema de aquecimento solar e outro perfil de carga considerando o uso de chuveiro elétrico.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecedor Solar, Análise Econômica, Custo da Energia, Tarifa Branca.

ANALYSES OF WHITE RATE IN RESIDENCIAL UNITY USING THE HOMER PRO PROGRAM: A CASE STUDY IN ITUMBIARA-GO.

ABSTRACT: Among the trends of the contemporary world are the growing of energetic supply necessity and the increasing environmental concerns. If, on the one hand, renewable sources of energy, like solar, wind and biomass, show low environmental impact in electricity generation, the inclusion of these sources in electric system add insecurity and unpredictably in supply, in view of the intermittent nature. In this perspective, to stimulate the efficient use of energy, the National Agency of Electric Energy established a new tariff mode, it's named white rate. This article deals about evaluate the option of this new system compared to the conventional tariff. To this analysis, the simulations were made with HOMER Pro Energy software using residential consumer, considering the load curve profile with solar heating system and other load profile considering the electric shower use.

KEYWORDS: Cost of Energy, Economic Analysis, Solar Heating System, White rate.

INTRODUÇÃO

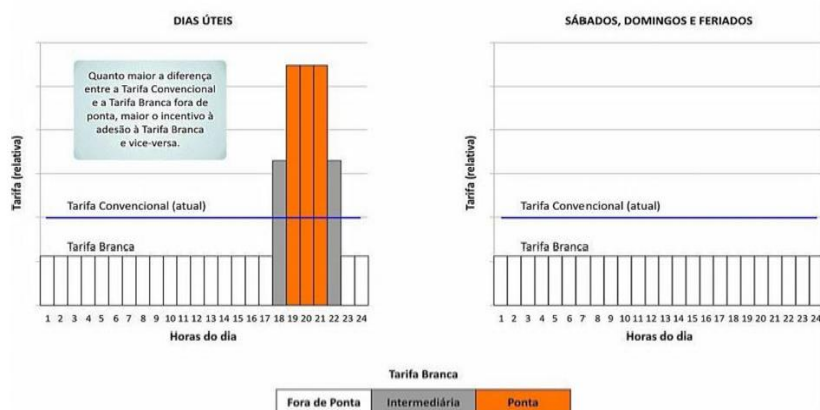
O sistema elétrico nacional passa por mudanças profundas exigindo tanto dos profissionais da engenharia elétricas quanto dos próprios consumidores um entendimento cada vez maior sobre as inúmeras possibilidades operacionais que podem ser adotadas. Para o consumidor de energia, as vantagens tem sido inúmeros, consequência das diversas possibilidades de atuação neste novo cenário. Neste sentido, qualquer consumidor de energia elétrica, nos dias atuais, possui à sua disposição uma série de alternativas que podem resultar numa fatura de energia elétrica menos onerosa. Embora ainda exige-se alto investimento para que tais consumidores possam se integrar ao novo sistema elétrico, o que se espera é a redução progressiva dos custos associados a cada tecnologia disponível atualmente.

Ações de eficiência energética que permitem a realização das mesmas atividades, porém com uma redução significativa no consumo de energia, como por exemplo, a substituição do chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar (SAS), o uso de lâmpadas mais eficientes, controladores e

medidores de energia, entre outras das inúmeras tecnologias disponíveis com vistas a um consumo cada vez menor de energia elétrica (Vasconcelos & Limberger, 2012).

O setor regulatório também se tem preocupado com tais questões e várias normas têm sido regulamentadas com vistas a permitir que o consumidor possa buscar alternativas que resultem em gastos cada vez menores com energia elétrica. Neste particular, importante citar a existência de novas modalidades tarifárias que pode oferecer vantagens financeiras para aqueles consumidores que conseguirem, além da redução do consumo, alterar seus hábitos de consumo de energia elétrica e com isso contribuir para aliviar o sistema elétrico nos horários em que o mesmo encontra-se sobrecarregado. Para tanto, tem-se a modalidade tarifária denominada por Tarifa Branca, opcional ao consumidor, com sinalização horária cujo mecanismo prevê três postos tarifários: fora de ponta, intermediário e de ponta. Com a Tarifa Branca, o consumidor passa a ter possibilidade de pagar valores diferentes em função da hora e do dia da semana, conforme indica a Figura 1. Se o consumidor adotar hábitos que priorizem o uso da energia fora do período de ponta, diminuindo fortemente o consumo no horário de ponta (aquele com maior demanda de energia na área de concessão) e no intermediário, a opção pela Tarifa Branca oferece a oportunidade de reduzir o valor pago pela energia consumida. Nos dias úteis, o valor Tarifa Branca varia em três horários: ponta, intermediário e fora de ponta. Na ponta e no intermediário, a energia é mais cara. Fora de ponta, é mais barata. Nos feriados nacionais e nos finais de semana, o valor é sempre fora de ponta. Os períodos horários de ponta, intermediário e fora de ponta são homologados pela ANEEL nas revisões tarifárias periódicas de cada distribuidora, que ocorrem em média a cada quatro anos.

Figura 1. Comparação entre a Tarifa Branca e a Tarifa Convencional.



Dentro deste amplo contexto, qual seja, as inúmeras possibilidades que um consumidor residencial pode investir para alcançar valores reduzidos na sua fatura de energia, contribuir com o meio ambiente reduzindo a emissão de gás carbônico, constitui em grande desafio para os profissionais da engenharia elétrica que necessitam ter respostas rápidas e seguras diversos questionamentos que podem surgir ao longo da etapa de projeto de aplicação destas tecnologias.

O problema central é a busca da resposta para inúmeras questões dentre as quais destaca-se: qual a melhor opção sob o ponto de vista técnico e econômico da inserção destas tecnologias em unidades consumidoras residenciais.

Diante deste cenário inovador que se desponta no país e, em todo o mundo, surge este trabalho de pesquisa, em sua fase inicial na busca por respostas sobre as melhores opções do ponto de vista técnico e financeiro do uso das diversas tecnologias disponíveis aos consumidores de energia. Inicialmente os estudos foram conduzidos para se avaliar uma instalação residencial no tocante a possibilidade de optar pela tarifa branca promovendo ao mesmo tempo ações de eficiência energética.

Utilizando a curva de carga medida por um analisador de energia numa unidade consumidora residencial e de posse das faturas de energia mensal, dos custos associados com a substituição do chuveiro elétrico por um sistema de aquecimento solar e utilizando o programa computacional *HOMER pro*, os resultados mostraram que a mudança da tarifa convencional para a tarifa branca não trairia vantagens financeiras. Obviamente, que a conclusão esta associada a um determinado tipo de consumidor caracterizado por sua curva de carga. Novos trabalhos são necessários com vistas a aplicar a mesma metodologia de análise e simulação, porém contemplando novas curvas de carga. A

avaliação econômica foi realizada considerando os valores de tarifa de energia tanto a convencional, como aquelas associadas aos postos tarifários da tarifa branca, praticadas pela CELG, no estado de Goiás e CEMIG em Minas Gerais.

No Brasil a participação do chuveiro elétrico no consumo residencial de energia elétrica é estimada em 24%, podendo variar nos períodos mais frios do ano. Em residências de baixa renda a energia elétrica consumida pelo chuveiro elétrico é responsável por 45% da fatura mensal de energia, o que mostra o alto potencial do uso de sistemas de aquecedores solares em substituição ao chuveiro elétrico (Vasconcelos & Limberger, 2012).

MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender aos objetivos propostos neste artigo, utilizou-se o programa computacional *HOMER Pro* que permite avaliar o desempenho técnico e econômico quando da inserção de sistemas de geração distribuída em unidades consumidoras, considerando modalidades tarifárias diversas, simular sistemas conectados à rede, isolados ou híbridos, combinando diferentes tipos de geração.

O programa considera a curva de carga da unidade consumidora sob análise o que permite um estudo mais próximo da realidade. O *HOMER Pro* possui descrições de modelos simplificados de sistemas, realiza cálculos em base de tempo horária para centenas de configurações, apresentando como resultado a melhor solução do ponto de vista econômico. Através da otimização de parâmetros técnicos específicos para cada situação e, ainda considerando os custos da tarifa praticada, o programa simula diversas situações apresentando resultados detalhados para cada configuração.

Caso 01

O primeiro caso considerado como referência para os demais consiste em um consumidor residencial típico sem levar em consideração a aplicação de sistema de aquecimento solar e com fatura de energia sendo calculada pela Tarifa Convencional. Trata-se de uma situação comum para a grande maioria dos consumidores residenciais. As simulações levam em consideração, para título de comparação, os valores da tarifa convencional praticados pela CEMIG em Minas Gerais e pela CELG-D em Goiás, cujos valores médios das tarifas de energia aplicadas ao grupo B1 são, respectivamente, R\$ 0,80 e R\$ 0,70 (incluindo impostos).

Caso 02

O segundo cenário em análise consistiu-se em avaliar a mesma unidade consumidora com faturamento da energia consumida utilizando a Tarifa Branca, sem qualquer ação para alterar os hábitos de consumo, ou seja, sem adequar sua curva de carga aos postos tarifários mais onerosos conforme estabelece esta nova modalidade tarifária. Os valores praticados para os diversos postos tarifários, pelas duas concessionárias, são dados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores dos postos tarifários – Tarifa Branca.

Distribuidora	Fora de Ponta [R\$]	Intermediário [R\$]	Ponta [R\$]
CEMIG	0,44	2,40	4,00
CELG	0,38	2,10	3,50

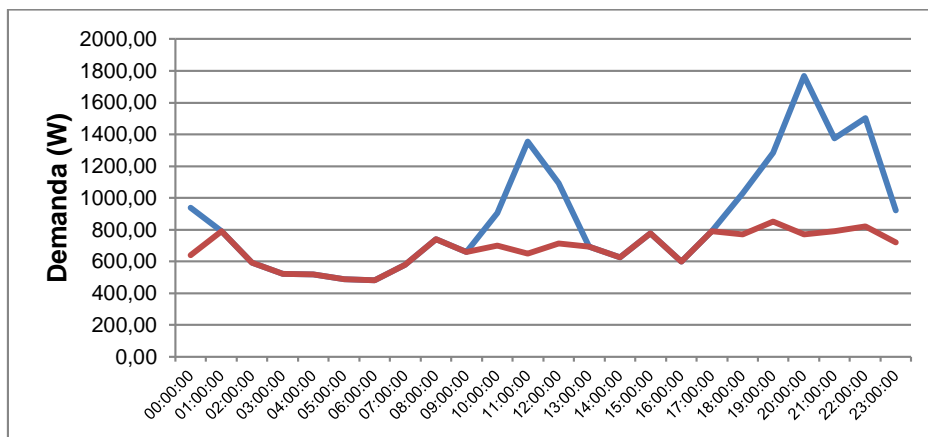
Caso 03

Após avaliar a unidade consumidora considerando as duas modalidades tarifárias praticadas pela CEMIG e CELG, a próxima etapa consistiu na substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar. Nesta nova condição operacional tem-se uma nova curva de carga que o programa deve levar em consideração nas análises. A Figura 2 apresenta a nova curva de carga após a substituição do chuveiro elétrico pelo sistema de aquecimento solar, resultando numa redução da ordem de 24% no consumo de energia elétrica (Vasconcelos; Limberger, 2012).

Caso 04

O último cenário de análise consiste em avaliar a unidade consumidora após a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar considerando a opção pela Tarifa Branca. Os valores praticados para os postos tarifários são apresentados pela Tabela 2.

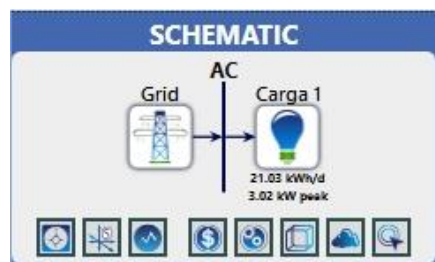
Figura 2. Curvas de carga com e sem aquecedor solar.



MODELAGEM DO SISTEMA NO HOMER PRO

O sistema analisado consiste de uma unidade consumidora residencial cuja curva de carga foi obtida através de um medidor de energia ao longo de 7 dias. Os estudos realizados pelo programa computacional *HOMER Pro* necessitam de diversos parâmetros para que o mesmo possa apresentar a melhor opção sob o ponto de vista técnico e econômico. Seu processo de otimização necessita, entre outros, dos seguintes dados: Curva de carga da unidade consumidora; Modalidade tarifária; Valores de tarifa de energia para os postos tarifários; Características dos diversos componentes que perfazer o sistema em análise. O sistema computacional é de fácil manuseio e a montagem de uma configuração é totalmente interativa. A Figura 3 apresenta esquemático do sistema após inserção dos dados.

Figura 3. Sistema modelado no *HOMER Pro*.



O programa *HOMER Pro* após o processo de otimização, classifica os resultados encontrados por meio do custo final de energia (do inglês: *cost of energy* - COE). O COE é a média do custo por kWh consumido, seja este produzido pelo sistema de geração ou comprado da rede. O programa usa vários fatores para se calcular o custo anual total da energia, tais como o custo base do kWh, fatores financeiros diversos (Inflação, taxa de desconto), entre outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após realizar as simulações computacionais, considerando os casos supracitados, apresenta-se, inicialmente os resultados nas Tabelas 3 e 4, considerando os valores praticados pela CELG e CEMIG.

A partir da Tabela 3, no caso 03, observa-se uma redução de 1697 kWh/ano em relação a simulação do Caso 01, o que resulta numa economia anual de R\$1187,96. Ao comparar a diferença da fatura mensal com a Tarifa Branca à mesma atinge um valor de R\$1.991,12 (Casos 02 e 04). Já a diferença da Tarifa Convencional com a Tarifa Branca, considerando o uso do chuveiro elétrico (Casos 01 e 02), ocorreu um aumento no custo anual da energia, de cerca de R\$1.581,8. Para a análise da simulação considerando o uso do SAS e as duas modalidades tarifárias. O aumento do custo anual com energia elétrica foi da ordem de R\$ 778,64.

A partir da Tabela 4, nota-se que a retirada do chuveiro no Caso 03 gera uma economia anual de R\$ 1.357,66. Ao se comparar os casos com Tarifa Branca (casos 02 e 04) a diferença ao final do

ano é de R\$ 22.76,98. Já a diferença dos valores com energia anual entre os casos de Tarifa Branca e Tarifa Convencional com chuveiro elétrico (casos 01 e 02) é de R\$ 1.581,77, e a diferença dessas tarifas com o sistema de aquecimento solar (casos 03 e 04) é de R\$ 889,45.

Em todos os casos, o custo final da energia ficou mais elevado, considerando a mudança na modalidade de cobrança, da Tarifa Convencional para Tarifa Branca, mesmo com a substituição do chuveiro pelo SAS. De forma muito similar, as mesmas considerações e os mesmo resultados obtidos pela análise da Tabela 3 (CELG), podem ser consideradas ao analisar a Tabela 4 (CEMIG).

Tabela 3. Resultados para CELG.

Casos	COE (R\$/kWh)	Custo Operacional (R\$/ano)	Consumo Anual de Energia (kWh/Ano)	Emissão de Dióxido de Carbono (Kg/Ano)
03	0,700	4184,33	5978	3777,9
01	0,700	5372,29	7675	4850,4
04	0,836	4962,97	5978	3777,9
02	0,906	6954,06	7675	4850,4

Tabela 4. Resultados para CEMIG.

Casos	Levelized COE (R\$/Kwh)	Custo Operacional (R\$/ano)	Consumo Anual De Energia (KWh/Ano)	Emissão de Dióxido de Carbono (Kg/Ano)
03	0,800	4.782,10	5978	3777,9
01	0,800	6.139,76	7675	4850,4
04	0,949	5.671,55	5978	3777,9
02	1,040	7.948,53	7675	4850,4

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que houve uma redução de cerca de 24% no consumo de energia no horário de ponta, significando uma redução no consumo anual de 7948 kWh para 5672 kWh, conforme os estudos realizados e simulados no programa computacional supracitado. A redução do consumo de energia elétrica reflete diretamente na diminuição da emissão de dióxido de carbono. Para o caso simulado o resultado das simulações indicou uma redução anual de 1072.8 kg. O cenário mais favorável apontado nos estudos esta associado àquele em que se considerou as tarifas praticadas no estado de Goiás. Nesta condição têm-se maiores vantagens financeiras com a substituição do chuveiro elétrico pelo aquecedor solar. Importante ressaltar que as simulações computacionais mostraram que a opção pela Tarifa Branca e, considerando a curva de carga da unidade consumidora escolhida nos estudos, não resultou em vantagens financeiras em nenhuma das concessionárias avaliadas. Este Trabalho é o início de uma série em que se busca avaliar as melhores opções para o consumidor residencial em reduzir o consumo de energia elétrica. Não há dúvidas que qualquer ação de eficiência energética reduz o consumo de energia com reflexo imediato na diminuição dos gastos deste insumo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. (2012). Tarifa Horária Branca - Baixa tensão. *Estrutura tarifária para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica*. Brasília, DF: Aneel.
- ANEEL. (2016). Estrutura tarifária para o Serviço de Distribuição de Energia Elétrica - TARIFA BRANCA.
- Bollen, M., & Hassan, F. (2011). *Integration od Distributed Generation in the Power System*. (I. P. Engineering, Ed.) New York: Wiley-Blackwell.
- Braga, B., Hespanhol, I., & et al. (2005). *Introdução à Engenharia Ambiental* (Segunda ed.). Pearson.
- Gonçalves, L. F. *Contribuições para o Estudo teórico e Experimental de Sistemas de Geração Distribuída*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Porto Alegre. 2004.
- Kagan, N. e. (2013). *Redes Elétricas Inteligentes no Brasil: Análise de Custos e Benefícios de um Plano Nacional de Implantação*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Synergia Editora.
- Tolmasquim, M. T. (2003). *Fontes Renováveis de Energia no Brasil*. Editora Interciência.
- Vasconcelos, L. E., & Limberger, M. A. (2012). Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: contribuições da Eletrobrás-Procel e parceiro. Rio de Janeiro, RJ: Eletrobrás.