

Técnicas de GLD aplicadas ao Consumidor de BT considerando a Tarifa Branca e a Geração Distribuída

Murilo V. da Cunha, Daniel P. Bernardon, Diego B. Ramos

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Universidade Federal de Santa Maria

Santa Maria – RS, Brasil

email: murilovcunha84@gmail.com, dpbernardon@ufsm.br, diegoberlezi@gmail.com

Resumo—O presente trabalho apresenta um estudo sobre o impacto técnico e financeiro da utilização de técnicas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda - GLD, considerando a tarifa horária branca e a Geração Distribuída - GD de fontes solar e eólica, para o consumidor residencial de baixa tensão - BT, com classe de consumo de 301 à 500kWh. As técnicas de GLD escolhidas foram a de deslocamento de carga e redução de pico, visando a manipulação da carga no horário de ponta. Como ferramenta de simulação foi utilizado o software Hybrid Optimization Model for Electric Renewables (HOMER), o qual apresentou como resultado o custo da fatura de energia para os cenários analisados.

Palavras-Chave-- Deslocamento de carga, GD, GLD, Tarifa Horária Branca, Redução de Pico.

I. INTRODUÇÃO

Hábitos modernos da sociedade são muito dependentes da energia elétrica, exigindo a necessidade do aumento de sua oferta e o gerenciamento do seu consumo. Nesse sentido a fim de reduzir os impactos de uma demanda crescente e descontrolada de energia, se faz necessário estabelecer medidas para ajudar os consumidores a serem mais eficientes no seu uso.

Dentro desse contexto, tem-se o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), implicando no planejamento e implementação de ações que motivam o consumidor a mudar a sua curva de carga.

Segundo [1] o Gerenciamento pelo Lado da Demanda, GLD é o planejamento, a implementação e o monitoramento de ações da concessionária destinadas a influenciar o uso de energia elétrica dos consumidores de forma a produzir alterações desejadas na curva de carga. Estas atividades incluem: Gerenciamento de carga, conservação estratégica, eletrificação, geração de energia pelo lado do consumidor, substituição de equipamentos obsoletos por mais eficientes e estratégias para o crescimento da participação no mercado.

Para uma melhor viabilidade e otimização de um programa de GLD, é importante a integração com as redes inteligentes Smart Grids, pois o monitoramento em tempo real da carga, tanto por parte da concessionária quanto do próprio consumidor, auxiliam na tomada de decisão que aliado a uma

tarifa horária, por exemplo, possibilita deslocar ou reduzir o consumo de energia de determinados equipamentos nos horários em que o custo da energia é mais cara.

Dessa forma, recentemente no Brasil a Agência nacional reguladora de energia (ANEEL), adotou novas resoluções que incentivam o uso de geração distribuída pelos consumidores de baixa tensão -BT, bem como a aplicação de tarifa horária de consumo, denominada Tarifa Branca.

A modalidade tarifária branca tem caráter opcional, ou seja, o consumidor de BT pode optar pela modalidade convencional ou pela tarifa branca, entretanto a iluminação pública e mercado de baixa renda não podem optar pela tarifa horária branca [2].

A geração distribuída se torna uma realidade no Brasil, quando a Agência Nacional reguladora de Energia, publica a resolução 482 de 17 de abril de 2012, a qual trata sobre a microgeração e minigeração distribuída, buscando regulamentar a instalação da geração distribuída de pequeno porte, em que o consumidor instala geradores de fontes renováveis.

A energia gerada pelo consumidor é conectada ao sistema de distribuição de energia elétrica e utilizada para amortizar a energia consumida da concessionária e caso a energia gerada for superior a energia consumida, é gerado um crédito que pode ser usado para fatura do mês seguinte, esse crédito fica válido por 36 meses [3].

Diante das novas resoluções da agência nacional reguladora de energia, que apresenta a tarifa branca e a geração distribuída como opções ao consumidor residencial, o trabalho desenvolvido analisa as vantagens que esta nova tarifa trás ao consumidor em virtude dos diferentes preços de tarifa ao longo das horas do dia, aliado a aplicação de GLD e GD, com o desafio de mudar hábitos de consumo que represente uma economia na conta de energia elétrica.

O estudo foi realizado para consumidores, da região de Santa Maria, pertencentes a classe residencial com faixa de consumo de 301kWh à 500kWh, explorando técnicas de GLD como o deslocamento de carga e redução de pico, assim como, a utilização de fontes de energias renováveis eólica e solar.

Para tanto, foi usado o *software Hybrid Optimization Model for Electric Renewables* (HOMER) para realizar as modelagens e simulações, considerando a modalidade de tarifa convencional, tarifa Branca e a curva de carga típica de consumidores. O principal resultado analisado é a viabilidade econômica e técnica quanto à implementação da Tarifa Branca, com o GLD e a GD.

II. GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA - GLD

Podem-se classificar os programas de gerenciamento pelo lado da demanda em duas categorias, o GLD direto, no qual a concessionária determina as cargas a serem reduzidas ou desconectadas do sistema, através de um contrato de interrupção com o consumidor e o GLD indireto, em que o próprio consumidor remaneja sua demanda influenciado por sinais de preços gerados pela concessionária [4].

Como exemplo de GLD direto, tem-se a Resposta da Demanda - RD que tem como objetivo principal a redução da demanda de pico para evitar emergências do sistema. De maneira genérica, é quando o consumidor ajusta seu padrão de consumo no espaço e no tempo em resposta a algum estímulo. A natureza deste estímulo pode ser a variação de preços, outros incentivos econômicos, contratos, um pacto social [5].

A implementação da RD é feita através de dispositivos eletrônicos que comunicam com a concessionária de energia, e que recebem comandos para desligar as cargas a eles conectadas, de acordo com a solicitação da concessionária ou com a variação da tarifa de energia; essa é a principal diferença entre uma RD e um sistema comum de gerenciamento de demanda [6].

Já o GLD indireto pode-se dizer que é composto por programas que não permitem o controle direto da carga, apenas alteram a curva de carga do consumidor através de mudanças nos hábitos de consumo de energia elétrica. Como exemplo, podemos citar a tarifa branca que incentiva por parte da concessionária o consumidor a deslocar o seu pico de demanda para horários onde o preço da energia é mais barato.

Conforme [7] as tarifas incentivadas são provavelmente o ingrediente mais importante em muitos programas GLD, pois podem ser o programa em si e/ou o direcionador econômico e motivador para incentivar outras alternativas de GLD.

De acordo com a nota técnica publicada pela agência nacional reguladora de energia - ANEEL [8], no Brasil foi realizado um estudo que apresenta o chuveiro elétrico como equipamento responsável por 43% do consumo de energia no horário de ponta dos consumidores residenciais.

Ainda nesse mesmo estudo é apresentado o percentual do consumo de equipamentos como ar-condicionado, som e ferro de passar, os quais permitem a possibilidade de serem desligados no horário de ponta sem trazer maiores mudanças ao consumidor. Na tabela I pode-se verificar esta informação.

TABELA I. PERCENTUAL COMPOSIÇÃO NA PONTA. FONTE [8]

EQUIPAMENTOS	PERCENTUAL DE PARTICIPAÇÃO NO CONSUMO FINAL	PERCENTUAL DE COMPOSIÇÃO NA PONTA
CHUVEIRO	24%	43%
ILUMINAÇÃO	14%	17%
GELADEIRA/FREEZER	27%	14%
TELEVISOR	9%	13%
AR CONDICIONADO	20%	7%
SOM	3%	2%
FERRO	3%	2%

Em função desta significativa participação do chuveiro na demanda de horário de ponta, escolheu-se este equipamento como carga a ser deslocada do horário de ponta para o horário fora de ponta. Paralelo a isto se observou a possibilidade de desligar equipamentos no horário de ponta como o ar-condicionado, som e o ferro de passar.

A. Estratégias de Gerenciamento de Carga

Nesse sentido, seis estratégias para moldar a curva de carga são descritas em [1]: conservação estratégica, crescimento estratégico da carga, curva de carga flexível, deslocamento de carga, preenchimento de vales e redução do pico.

Na figura 1 são apresentadas de forma gráfica cada uma das estratégias.

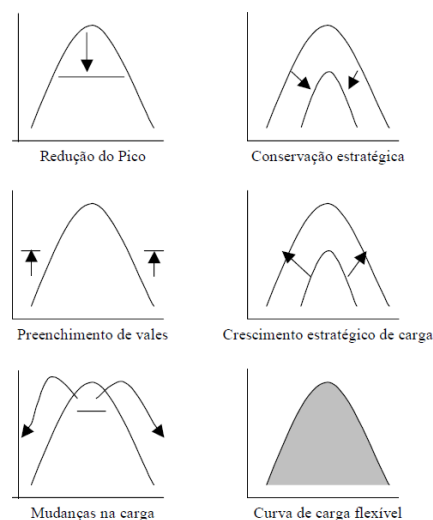


Figura 1 - Estratégias GLD. Fonte [7]

Diante destas técnicas de GLD foram escolhidas duas para implementação neste trabalho, abaixo são descritas cada uma dessas estratégias.

1) Redução de pico (*peak clipping*):

Uma das formas mais clássicas de gerenciamento de carga. Ele é definido como a redução da carga de ponta, conseguido geralmente através do controle direto de carga (desligamento de aparelhos do consumidor). Algumas empresas consideraram o controle direto de carga apenas durante os dias mais prováveis de pico do sistema. Mas pode ser usado para reduzir o custo de operação e a dependência de fatores como

combustíveis na geração térmica e da água da geração hidrelétrica [1].

Em virtude dos dados apresentados na tabela I, como estratégia de GLD, foi utilizada a técnica de redução de pico, na qual o percentual de consumo de energia no horário de ponta do ar-condicionado, som e ferro de passar foi zerado, ou seja, essas cargas foram cortadas nesse horário.

Conforme a tabela I, a soma do consumo de energia no horário de ponta dos equipamentos de ar-condicionado, som e ferro de passar é de 11%, representando uma parcela significativa, pois se trata de uma estratégia de redução de pico, uma vez que, esse percentual será reduzido não só do consumo no horário de ponta como também do consumo total.

2) Deslocamento (Mudança) da carga (load shifting):

Esta técnica de gerenciamento incentiva o deslocamento da carga do horário de pico para o horário fora do pico. Desse modo, essa técnica combina os efeitos do corte de ponta e do preenchimento de vale [1].

Possui um motivador financeiro, pois impõe tarifas mais caras no horário de pico e tarifas mais baratas no momento de menor carregamento do sistema, motivando a transferência de carga para esse horário.

Esta estratégia de GLD foi utilizada, tendo como prioridade deslocar o percentual de consumo de energia do chuveiro no horário de ponta para períodos de menor demanda no horário fora de ponta onde o custo da tarifa Branca é menor.

Assim foi possível estabelecer uma comparação entre a tarifa convencional, na qual não se tem a possibilidade de utilizar o deslocamento de carga em virtude da tarifa ser a mesma independente do horário do dia em relação a utilização somente da tarifa branca sem o GLD.

B. Tarifa Branca

Na modalidade denominada Tarifa de Baixa Tensão, estão enquadrados os consumidores residenciais, foco deste trabalho, e as pequenas instalações industriais e comerciais. Este grupo de consumidores denominado como Grupo B é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV e caracterizado pela tarifa monômnia [9].

São duas as modalidades tarifárias aplicadas aos consumidores do Grupo B [2]:

Modalidade tarifária convencional monômnia: caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia.

Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

A tarifa horária branca denomina seus postos tarifários como: ponta, intermediário e fora de ponta, detalhados na

Figura 2. Feriados e finais de semana são considerados período fora de ponta durante todas as horas do dia [2]:

Ponta (P)	Período de 3 horas consecutivas diárias, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais.
Intermediária (I)	Período formado pela hora imediatamente anterior e pela hora imediatamente posterior ao período de ponta.
Fora Ponta (FP)	Período composto pelas horas complementares aos períodos de ponta e intermediária.

Figura 2 - Postos tarifários para o Grupo B. Fonte: [2]

O posto intermediário foi criado com o intuito de impedir o deslocamento das cargas para horas de pico potenciais e que, geralmente, são adjacentes às de ponta [10].

É feito na figura 3 um comparativo dos valores entre a tarifa branca e a tarifa convencional.

Modalidades Tarifárias

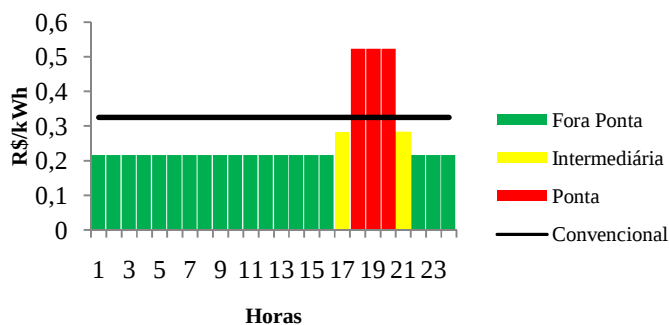


Figura 3 - Comparativo Tarifas Branca e Convencional

No horário fora de ponta a energia é mais barata comparada ao horário de ponta e intermediário. Em função do elevado custo da tarifa no período de ponta e intermediário, este trabalho propõe a utilização de técnicas de GLD neste período com o propósito de tornar a tarifa branca mais viável para o consumidor em relação a tarifa convencional.

C. Geração Distribuída

A Geração Distribuída - GD se caracteriza como uma geração de menor potência localizada próxima à carga, e independe da tecnologia de geração. A GD proporciona uma maior autonomia ao consumidor de energia elétrica, pois o consumidor terá um maior grau de liberdade no gerenciamento da sua conta de energia. Em vez de apenas economizar, ele poderá fornecer energia para rede elétrica e dependendo da quantidade poderá vender essa energia no mercado de energia [11].

De acordo com a resolução normativa a GD pode ser classificada em microgeração ou minigeração distribuída de acordo com a potência instalada [3]:

- microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW;

- minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW;

Para o acesso dos sistemas de minigeração e minigeração às redes de distribuição serão necessárias as trocas dos medidores convencionais por medidores bidirecionais, que são capazes de medir simultaneamente o consumo e a geração de eletricidade [10].

São apresentadas abaixo as fontes utilizadas nas simulações do presente trabalho para atendimento da curva de carga, com destaque para a eólica e solar.

A turbina utilizada é da marca Istabreeze, modelo Istabreeze500W, que possui uma potência de saída de 500 W e custo de R\$ 1.110,00 [12]. Na figura 4 é mostrada a curva de potência de acordo com a velocidade média dos ventos.

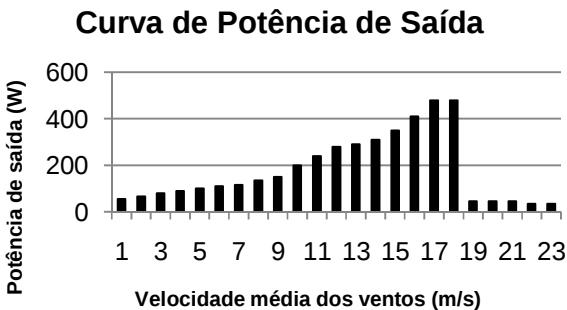


Figura 4 - Curva de potência da turbina Istabreeze 500 W de acordo com a velocidade dos ventos.Fonte: [12]

O Paine Solar é um modelo JT235PCe, da marca Jetion Solar que é feito do material Silício Policristalino, potência de 235 W, eficiência energética de 13,5%, com uma produção média de energia de 27,51 kWh/mês, vida útil de 25 anos com um custo de R\$ 870,00 [13]. Na figura 5 é mostrada a curva de características elétricas do modelo JT235PCe.

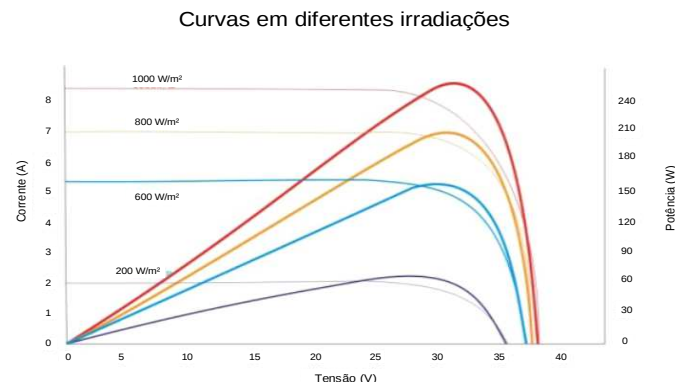


Figura 5 - Características elétricas do modelo JT235PCe. Fonte: [13]

III. METODOLOGIA DE ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA

Os casos estudados se dividiram em dois cenários: um considerando a utilização de GD e o outro não. Dentro de cada cenário foram realizadas 6 simulações, combinando as duas tarifas banca e convencional e as técnicas de GLD: redução de pico, deslocamento de carga e a combinação das duas.

Através da figura 6, pode-se visualizar a estrutura dos cenários simulados.

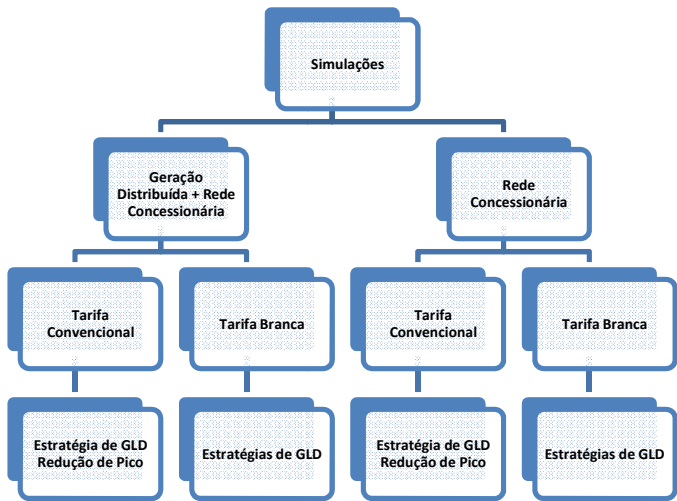


Figura 6 – Estrutura Simulações

Foi utilizado o software HOMER, para a escolha da melhor alternativa que identifica o sistema de menor custo capaz de suprir a demanda de energia elétrica dos consumidores.

Na figura 7 é mostrado o diagrama do sistema no software HOMER, que é composto pela rede de energia elétrica da concessionária, carga do consumidor, fontes de geração, bateria e conversor.

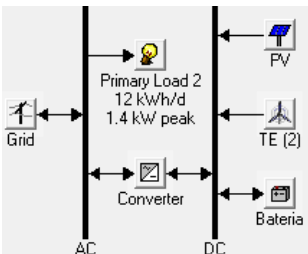


Figura 7 - Software Homer.

O software HOMER permite definir os parâmetros de cada equipamento, assim como seus recursos primários de energia, restrições, entre outros.

O software define a melhor solução para atendimento da carga, considerando as diversas configurações de suprimento: só pela rede da concessionária, rede em conjunto com GD, variando as combinações de fontes e capacidade de geração, entre outros.

A Tabela II apresenta os valores de tarifas usados nos estudos:

TABELA II. PREÇO DAS TARIFAS	
Tarifa	AESSul R\$/kWh
Convencional	0,4603
Branca Fora Ponta	0,40257
Branca Intermediária	0,47483
Branca Ponta	0,81674

Para o sistema em estudo foi considerado a curva de carga apresentada na Figura 8, para uma classe de consumidor residencial com faixa de consumo mensal de energia elétrica de 301 a 500 kWh/mês.

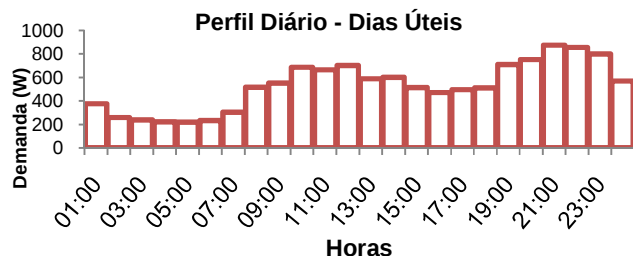


Figura 8 – Perfil Diário de Carga

IV. ESTUDOS DE CASOS

Dentro de cada cenário foram realizadas 6 simulações através do sistema da Figura 7, sendo quatro com aplicação de estratégias de GLD gerenciamento de carga, os quais são detalhados abaixo.

A. Estratégia de GLD Redução de Pico

O primeiro considerou a redução do pico de consumo no horário de ponta, onde foi cortado o percentual de 11% de representação na ponta, o qual corresponde aos equipamentos de ar-condicionado, som e ferro de passar, conforme figura 9.

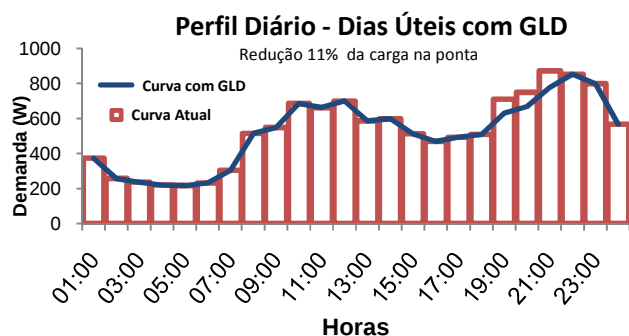


Figura 9 – Perfil Diário de Carga - Dias Úteis com GLD Redução de Pico

A linha azul do gráfico representa a curva de carga após a aplicação do GLD.

B. Estratégia de GLD Deslocamento de Carga

O segundo considerou o deslocamento para o horário fora de ponta da representação do chuveiro na ponta, ou seja, 43%. Pode-se visualizar na figura 10.

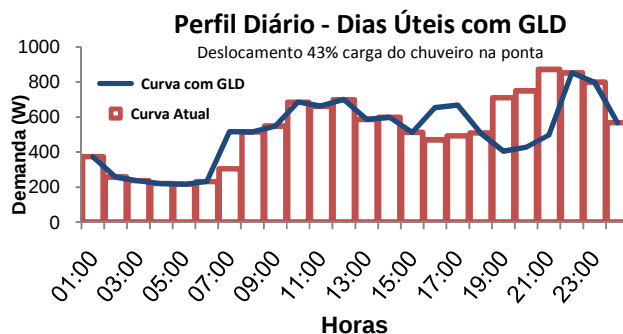


Figura 10 – Perfil Diário Carga - Dias Úteis com GLD Deslocamento de Carga

C. Combinado Estratégias de GLD Redução de Pico e Deslocamento de Carga

O terceiro combina a estratégia de redução de pico com o deslocamento de carga, logo se tem a redução de 11% de representação na ponta, que corresponde aos equipamentos de ar-condicionado, som e ferro de passar mais o deslocamento para o horário fora de ponta da representação do chuveiro na ponta, ou seja, 43%. Assim foi considerado uma redução de 54% do consumo no horário de ponta. Pode-se visualizar na figura 11.

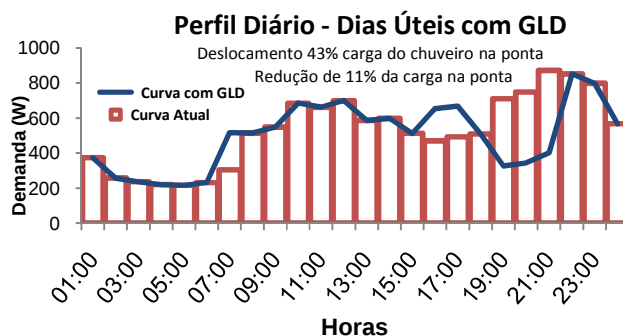


Figura 11 – Perfil Diário Carga - Dias Úteis com GLD Deslocamento de Carga e Redução de Pico

D. Comparativo Simulações

Os resultados do software HOMER estão apresentados nas Tabela III e IV, os quais resultam a viabilidade técnica e econômica para atendimento da carga considerando um horizonte de 25 anos e taxa de juros anual de 4%. Na tabela III é apresentado os resultados sem considerar a utilização da Geração Distribuída.

TABELA III. COMPARATIVO CUSTO DE ENERGIA SEM GD

	Santa Maria
SIMULAÇÕES	Valor Presente Líquido (R\$)
Convencional	30.709,00
Convencional e GLD	30.446,00
Redução de Pico	
Branca	31.160,00
Branca e GLD Redução de Pico	30.527,00
Branca e GLD	28.800,00
Deslocamento de Carga	

Branca e GLD Deslocamento de Carga + Redução de Pico	28.144,00
---	-----------

A Tabela IV também faz um comparativo do valor presente líquido do custo da fatura de energia elétrica entre modalidades tarifárias porém considerando a aplicação da GD.

Todas simulações apontaram como melhor solução a utilização de geração eólica juntamente com a rede da concessionária de energia.

TABELA IV. COMPARATIVO CUSTO DE ENERGIA COM GD

	Santa Maria
SIMULAÇÕES	Valor Presente Líquido (R\$)
Convencional e GD	31.273,00
Convencional, GD e GLD Redução de Pico	31.011,00
Branca e GD	31.958,00
Branca, GD e GLD Redução de Pico	31.326,00
Branca, GD e GLD Deslocamento de Carga	29.599,00
Branca, GD e GLD Deslocamento de Carga + Redução de Pico	28.942,00

V. CONCLUSÃO

Grande parte dos desperdícios com o consumo de energia elétrica são em função do desconhecimento do consumidor sobre a legislação que rege o setor elétrico brasileiro e de tecnologias para otimização da fatura de energia elétrica.

Neste sentido, para reduzir o pico da demanda e obter uma economia na fatura de energia, o consumidor residencial, pode utilizar a tarifa branca e a Geração Distribuída, juntamente com estratégias de gerenciamento de carga.

As simulações mostraram que a tarifa branca pode ser mais vantajosa em relação a convencional, quando utilizada em paralelo com técnicas de GLD e a Geração Distribuída de fonte eólica.

Destaca-se também que a combinação das duas estratégias de Gerenciamento de Carga, redução de pico e deslocamento de carga, produzem os melhores resultados para o incentivo da utilização da tarifa branca.

Por fim, conclui-se que com o avanço das tecnologias de medição e controle de energia ou seja as redes elétricas inteligentes, se tornará mais fácil a aplicação de técnicas de GLD, como estratégias de gerenciamento de carga por parte do consumidor ou a resposta da demanda por parte da concessionária, aumentando assim a viabilidade do consumidor residencial de utilizar tarifas horárias como a tarifa branca.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio técnico e financeiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

REFERÊNCIAS

- [1] GELLINGS, C. W. The Concept of Demand-Side Management for Electric Utilities. n. 10, p. 1468–1470, 1985.
- [2] ANEEL. **Nota Técnica nº 311/2011-SRE-SRD/ANEEL**, de 17 de novembro de 2011. ANEEL, 2011. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2011464.pdf>>. Acesso em: 23 de ago. 2014.
- [3] ANEEL. **Resolução Normativa nº482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 03set. 2012.
- [4] GARCIA, O. **Integração de técnicas de gerência de redes ao gerenciamento de cargas em redes de distribuição elétrica**. Revista Eletrônica de Sistemas de Informação, v. 1, n. 1, p. 1-5, 2002.
- [5] MAURER, L. Tarifas que Incentivam a Resposta da Demanda (DR) = Eficiência Energética (EE) e o Gerenciamento da Carga (DSM). **International Seminar on Electricity Tariff Structure**, p. 26, 2009.
- [6] D. P. Bernardon...[et al.], *Sistemas de Distribuição no Contexto das Redes Elétricas Inteligentes: uma abordagem para reconfiguração de redes*, 1. ed. Santa Maria: AGEPOC, 2015. 163p.
- [7] CAMPOS, A. **“Gerenciamento Pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso”**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Interunidades (IEE/POLI/FEA), São Paulo, 2004.
- [8] ANEEL . **Nota Técnica nº 362/2010. Estrutura Tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica - Sinal econômico para a baixa tensão**. ANEEL, 2010b. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/d_documento/nota_tecnica_n%C2%BA_362_2010_sre-srd-aneel.pdf>. Acesso em: 05 de abr. de 2015.
- [9] ANEEL. **Resolução Normativa Nº414**, 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 10 de abr. 2015.
- [10] SANTOS, L. L. C. **“Metodologia para análise da tarifa branca e da geração distribuída de pequeno porte nos consumidores residenciais de baixa tensão”**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2014.
- [11] CGEE - **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**. *Redes Elétricas Inteligentes: Contexto Nacional*. Brasília, DF: Corporate Financial Center, 2012.
- [12] ISTA BREEZE, Istabreeze I500 Windrad 12V generator marine. Disponível em: <https://www.istabreeze.com/online/index.php?route=product/product&path=59&product_id=60>. Acessoem: 03 de set. 2015.
- [13] ECODISTRIBUTING, Painel Solar Fotovoltaico Jetion JT235PCE (235WP). Disponível em: <http://www.eco-distributing.com/Jetion-Solar-JT235PCE-235-watt-Solar-Module-_p_958.html>. Acessoem: 03 de set. 2015.
- [14] M. V. Cunha, D. P. Bernardon, L. L. C. Santos, I. C. Figueiró, e A. L. Jacondino, "Análise da Viabilidade Técnica e Econômica da Tarifa Branca e Gerenciamento pelo Lado da Demanda para os Consumidores de BT". SEPOC - 9º Seminário de Eletrônica de Potência e Controle. ago 2015.