

## **IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM E SEM RETROFIT**

LEONARDO BRUNNO VERÇOZA DE MACÊDO FIGUEIREDO<sup>1</sup>, GABRIEL MENDES RODRIGUES<sup>2</sup>, STÉFANY LOPES DA SILVA<sup>3</sup>, BARTOLOMEU FERREIRA DOS SANTOS JÚNIOR<sup>4</sup> e ARYFRANCE ROCHA ALMEIDA<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, leonardobvercoza@gmail.com;;

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, gb\_mendesrodrigues@hotmail.com

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, stefanylopes40@gmail.com;

<sup>4</sup>Dr. Professor Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, bartolomeuf@ufpi.edu.br;

<sup>5</sup>Dr. Professor Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, aryfrance@ufpi.edu.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo verificar se a área do telhado dos blocos do Centro de Tecnologia, da Universidade Federal do Piauí, é suficiente para realizar o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede com dados obtidos e coletados a fim de suprir a demanda de carga do CT, analisando através da dinâmica do *retrofit*. No fim, os resultados obtidos comprovaram que aplicando o *retrofit* nos blocos o Centro de Tecnologia consegue produzir e suprir sua demanda de energia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética; Retrofit; Sistema solar fotovoltaico conectado à rede;

### **IMPLEMENTATION OF A SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM ON GRID WITH AND WITHOUT RETROFIT**

**ABSTRACT:** The objective of this work was to verify if the roof area of the Technology Center of the Federal University of Piauí is sufficient to realize a sizing of a photovoltaic solar system connected on-grid with data obtained and collected in order to supply the load demand of the CT analyzing through the dynamics of retrofit. Thus, the results obtained showed that by applying the retrofit to the blocks, the Technology Center is able to produce and supply its energy demand.

**KEYWORDS:** Energy Efficiency; Retrofit; Photovoltaic solar system connected on grid;

### **INTRODUÇÃO**

Atualmente, a expansão acentuada do consumo de energia, embora possa refletir o aquecimento econômico e a melhoria da qualidade de vida, pode apresentar também aspectos negativos, tais como a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia, somados com o impacto ao meio ambiente, devido a esta atividade de produção. Uma das maneiras mais modernas e utilizadas no mundo para conter a expansão do consumo sem comprometer a qualidade de vida e o desenvolvimento econômico tem sido o estímulo ao uso eficiente da energia elétrica (ANEEL), bem como a utilização de fontes alternativas de geração (OLIVEIRA et al., 2015).

De acordo com especialistas, em um prazo de 40 anos, a energia solar deverá estar consolidada no panorama energético, de modo que governos tornarão obrigatória a instalação de painéis fotovoltaicos em edifícios públicos (SENAI, 2007). Logo, a produção de energia elétrica, a partir da fonte fotovoltaica, surge como opção a ser analisada no Brasil e no mundo (BENEDITO, 2009).

O termo “*Retrofit*” também vem para auxiliar no uso eficaz da energia, que se descreve como um processo de renovação completa de uma edificação ou intervenção a essa. Na forma de alterar o antigo preservando a arquitetura original, trabalhando o conceito de sustentabilidade, para que este caso trate-se de medidas para tornar o sistema energético predial ineficiente e/ou inadequado em um mais eficiente. Para os edifícios existentes, a maneira de torná-los mais econômicos é através de medidas de

conservação de energia elétrica, que vão desde a adequação dos hábitos, rotinas de ocupação e usos, até intervenções ou trocas em equipamentos e sistemas (CIGISP).

Neste trabalho propõe-se a comparação entre a viabilidade da área do telhado para a implementação de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede, sem e com a utilização do *retrofit* de equipamentos de iluminação, ar-condicionado e eletroeletrônicos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo compreende o Centro de Tecnologia no *Campus* Ministro de Petrônio Portela da Universidade Federal do Piauí, situado na cidade de Teresina – Piauí. Foram escolhidos os blocos com as maiores cargas instaladas desconsiderando apenas o Auditório do CT, a diretoria do centro e o bloco do Departamento de Recursos Hídricos. Primeiramente, realizou-se o levantamento do consumo total mensal de energia dos blocos identificando os equipamentos instalados nas salas de aula, salas dos professores e laboratórios dos prédios. Na contabilização dos equipamentos, percebeu-se que as cargas dos blocos são determinadas pela iluminação, ar-condicionado e equipamentos eletrônicos. O consumo dos equipamentos baseou-se nas suas respectivas potências em conjunto aos seus horários de funcionamento, quantificando o consumo de energia elétrica dos edifícios. Para o estudo foi tomado como base um funcionamento de 12hs diárias nos respectivos blocos, além de 22 dias letivos.

Para que o SFCR obtivesse o melhor desempenho, foi escolhido o local para sua instalação, tendo como base o ponto de máxima eficiência do módulo, ângulo de inclinação, ausência de sombreamento e segurança, em que tais fatores poderiam maximizar a eficiência do sistema. Com isso, após os estudos, o telhado dos blocos em questão foi escolhido para o dimensionamento do sistema, onde cada área pode ser vista na tabela 1, quantidade máxima de placas que poderiam ser instaladas em cada bloco. Estas foram decididas a partir dessas medidas e das placas, com dimensões (1956 x 992 x 40) mm.

Tabela 1. Quantidade de placas de acordo com a área do telhado de cada bloco.

Local/Bloco	Largura (m)	Comprimento (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Nº de Placas
Arquitetura e Urbanismo	9	65	585	324
Engenharia Civil	9	41	369	204
Eng. Cartográfica e Agrimensura	9	50	450	250
Engenharia Elétrica	9	80	720	400
Engenharia de Produção	9	80	720	400
Engenharia Mecânica	9	30m e 58m	270m <sup>2</sup> e 522m <sup>2</sup>	440

Para o correto dimensionamento do um projeto fotovoltaico, foi necessário levar em consideração o potencial solar do local de instalação, além de inclinação e orientação do módulo solar na posição correta. O índice de insolação do centro de tecnologia foi obtido de forma gratuita, assim como confiável através da base dados do *software* SunData, disponibilizada pelo site do CRESEB (Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito). A partir destes dados, obtém-se o valor de irradiação solar diária média mensal que é de 5,61 kWh/m<sup>2</sup>.dia com um painel inclinado em 6°N.

Após a obtenção dos dados referentes à insolação, inclinação e orientação das placas, foi escolhido módulos de 330wp de silício policristalino, pois de acordo com as pesquisas de mercado era a que melhor se encaixava em relação a seu custo/benefício. Foi necessário a utilização das seguintes equações matemáticas para o dimensionamento do sistema (GRADELLA, Marcelo 2012).

$$E_G = P_P \cdot N_P \cdot H_I \cdot D \quad (1)$$

$$E_G = D_M \cdot P \cdot HSP \cdot N_{CC/CA} \quad (2)$$

Onde:

$E_G$ : Energia produzida pelo sistema;

$P_P$ : Potência pico a pico da placa;

$N_P$ : Numero de placas;

$H_I$ : Quantidade de irradiação do local;

$D$ : Número de dias de funcionamento;

$D_M$ : número de dias correspondentes ao mês;

P: Potência nominal do gerador fotovoltaico em kW;

HSP: é o tempo de número de Horas de Sol Pleno em média diária, equivalente a energia total diária incidente sobre a superfície do gerador em kWh/m<sup>2</sup>, dado em horas.

$N_{CC/CA}$ : rendimento do inversor de corrente contínua para corrente alternada.

No caso de Teresina, de acordo com atlas solarimétrico do Brasil, a incidência solar é de 8 horas diárias. Já para porcentagem de rendimento do inversor foi de 80% por considerar o sistema por percas com variação de temperatura e cabeamentos.

Com a realização dos cálculos do dimensionamento, a Tabela 2 compila sobre as informações sobre a placa fotovoltaica que será utilizada e os resultado gerais para todo o centro, onde equivale a uma estimativa de energia a ser produzida pelos painéis no período de tempo em questão.

Tabela 2. Características do sistema utilizado e sua geração de energia.

<b>Modelo do Módulo fotovoltaico</b>	Canadian CSI CS6U-330P (330Wp)
<b>Área disponível</b>	3636m <sup>2</sup>
<b>Total de módulos necessários</b>	2018
<b>Energia produzida diariamente por um módulo</b>	1,48 kWh/dia
<b>Potência total instalada</b>	159825,6 kWh/mês

Visando a redução no consumo e uma maior contribuição do SFCR, é proposto um *retrofit* de iluminação e condicionadores de ar, substituindo os equipamentos atuais por outros mais eficientes. No caso, as lâmpadas fluorescentes seriam substituídas por lâmpadas de LED modelo T8 e os ar condicionados por outros que possuam ENCE A. Dessa forma realizou-se um novo levantamento de carga do CT, considerando os equipamentos a serem utilizados no *retrofit*, sendo possível fazer uma comparação entre os cenários do consumo do prédio com e sem aplicação do *retrofit*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, a tabela 1 mostra o consumo total de energia em cada bloco do Centro de Tecnologia comparando as duas situações: sem *retrofit* e com *retrofit*.

Tabela 3. Consumo Energético do Centro de Tecnologia da UFPI com e sem *retrofit*.

<b>CONSUMO TOTAL DE ENERGIA DO CENTRO DE TECNOLOGIA (KWh/Mês)</b>			
<b>Bloco</b>	<b>Sem <i>Retrofit</i></b>	<b>Com <i>Retrofit</i></b>	<b>Redução de consumo (%)</b>
Arquitetura e Urbanismo	35.379,39	24.072,21	31,9
Engenharia Civil	20.368,65	12.854,08	36,9
Engenharia Cartográfica e Agrimensura	19.806,43	13.498,45	31,8
Engenharia Elétrica	55.165,85	44.606,42	19,1
Engenharia de Produção	50.225,76	32.320,66	35,6
Engenharia Mecânica	36.058,23	23.231,30	35,6
<b>Total:</b>	<b>217.004,31</b>	<b>150.583,12</b>	<b>30,6</b>

A tabela 3 mostra que há uma redução de 30,6% do consumo de carga após a aplicação do *retrofit*, sendo que o bloco de engenharia civil foi o bloco que houve uma maior redução com cerca de 37%.

Já na tabela 4, mostra a quantidade do consumo de carga atual do Centro de Tecnologia e o consumo após a aplicação do *retrofit*, assim como a energia produzida em kW/mês pelos painéis fotovoltaicos.

Tabela 4. Relação entre a produção de energia por painéis fotovoltaicos com o consumo de energia com e sem *retrofit* do Centro de Tecnologia.

<b>DIMENSIONAMENTO PARA A INSTALAÇÃO DE UM SFCR NO CENTRO DE TECNOLOGIA</b>					
<b>Bloco</b>	<b>Consumo Atual</b>	<b>Consumo Proposto</b>	<b>Energia produzida</b>	<b>Relação entre produção e</b>	<b>Relação entre produção e</b>

	(kW/mês)	(kW/mês)	(kW/mês)	consumo atual (%)	consumo proposto (%)
Arquitetura e Urbanismo	55.165,85	44.606,42	31.680	57,4	71,0
Engenharia Civil	50.225,76	32.320,67	31.680	63,0	98,0
Engenharia Cartográfica e Agrimensura	35.379,39	24.072,21	25.660,8	72,5	106,6
Engenharia Elétrica	19.806,44	13.498,46	19.800	99,9	146,7
Engenharia de Produção	20.368,65	12.854,08	16.156,8	79,3	125,7
Engenharia Mecânica	36.058,24	23.231,31	34.848	96,6	150,0
<b>Total:</b>	<b>217.004,32</b>	<b>150.583,14</b>	<b>159.825,6</b>	<b>73,7</b>	<b>106,1</b>

Na tabela 4, verificou que relação entre a produção de energia por energia solar fotovoltaica e o consumo atual sem a aplicação do *retrofit* foi aproximadamente 73,7%, e que ao trocar os equipamentos por outros mais eficientes, a produção de energia solar fotovoltaica é capaz de atender a demanda de carga necessária para o Centro de Tecnologia.

## CONCLUSÃO

A Universidade Federal do Piauí, caracteriza-se por ser uma unidade consumidora que possui grande potencial para a prática de gestão energética e deve estabelecer melhor relação de custo benefício na utilização de energia elétrica. Por isso, foi realizado um estudo comparativo entre dois cenários distintos no Centro de Tecnologia da UFPI, o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos para cada bloco com e sem o processo de *retrofit*.

O resultado obtido deixa claro a economia proporcionada pela aplicação do *retrofit* equador combinado com a instalação de sistemas fotovoltaicos em cada bloco, observa-se que este centro se torna autossuficiente em seu consumo energético.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração Distribuída. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par1\\_cap2.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf)>. Acesso em: 10 abril. 2019.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração Distribuída. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/glossario.cfm?att=H>>. Acesso em: 26 março. 2019.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração Distribuída. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par1\\_cap2.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf)>. Acesso em: 21 março. 2019.
- Benedito, R. S. Caracterização da geração distribuída de eletricidade por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, no Brasil, sob os aspectos técnico, econômico e regulatório. 2009. 110 f. Tese (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2009.
- CRESESB. Potencial Solar - SunData. Cresesb, 2017. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data>. Acesso em: 27 março. 2019.
- CIGISP – Congresso Internacional de Gestão de Inovação da Educação no Setor Público. Disponível em: <http://cigisp.mec.gov.br/portaria.pdf>. Acesso em: 11 abril. 2019.
- Oliveira, C.S; Marques, J. J. A; Santos Jr., B. F.; Linard, F. M. A.; A. R. Almeida. Viabilidade da Instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Considerando a Readequação no Consumo de Energia Elétrica: Estudo de caso do bloco de engenharia elétrica da UFPI. São José dos Campos, Brasil. 2015.
- SENAI – FIEP. “Cenários Energéticos Globais 2020”. Curitiba: SENAI – FIEP, 2007, 2ª Ed.