

## EDIFICAÇÃO DE ENERGIA POSITIVA: ANÁLISE DE GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESCRITÓRIO VERDE DA UTFPR EM CURITIBA

*Elis Almeida Medeiros de Mello<sup>1</sup>, Larissa Barbosa Krasnhak<sup>2</sup>, Jair Urbanetz Junior<sup>3</sup>, Eloy Casagrande Junior<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> PPGEC, UTFPR, Curitiba, Brasil, [elisalmeidamedeiros@hotmail.com](mailto:elisalmeidamedeiros@hotmail.com)

<sup>2</sup> PPGEC, UTFPR, Curitiba, Brasil, [larissabarbosakrasnhak@gmail.com](mailto:larissabarbosakrasnhak@gmail.com)

<sup>3</sup> PPGSE, UTFPR, Curitiba, Brasil, [urbanetz@utfpr.edu.br](mailto:urbanetz@utfpr.edu.br)

<sup>4</sup> PPGTE, UTFPR, Curitiba, Brasil, [eloy.casagrande@gmail.com](mailto:eloy.casagrande@gmail.com)

### RESUMO:

A crescente demanda de energia elétrica e a escassez de recursos naturais exigem fontes de energia renovável e limpa, como também a utilização de equipamentos e técnicas eficientes que reduzam o consumo de energia elétrica. O Escritório Verde (EV) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) é uma edificação sustentável construída com diversas estratégias que visam reduzir os impactos ao meio ambiente. Uma das estratégias utilizadas é o Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR), que gera energia através da radiação solar e no local de consumo. Este artigo apresenta uma comparação entre o consumo de energia elétrica do EV e a geração de energia pelo SFVCR. O consumo de energia elétrica no EV foi identificado por meio de medições no período de um ano, de maio de 2017 a abril de 2018. A média do consumo mensal no período de análise foi de 102 kWh e a média mensal de energia gerada pelo SFVCR foi 211 kWh, ou seja, o EV é um edificação energia positiva, pois gera muito mais energia do que consome.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica, Eficiência energética, Construções Sustentáveis, Escritório Verde.

### ABSTRACT:

The risen consumption of electric energy and the lack of natural resources demand clean and renewable sources, as well as the use of efficient techniques and equipment that reduce the consumption of electric energy. The Green Office (GO) of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) is a sustainable building, made with several strategies that aim to reduce the environmental impacts. One of the used strategy is the grid connected photovoltaic system (on-grids) that generates energy through solar radiation at the local of consumption. This article represents a comparison between electric energy consumption from GO and the generation of energy by on-grid. The electric energy consumption of GO was identified through the measurement during a year, from May 2017 to April 2018. The average monthly consumption in this period was 102 kWh/month and the average generated energy by on grid was 211 kWh/month, which means that the GO is a positive energy building, because it generates much more energy than it is consumed.

**Key words:** Photovoltaic solar energy, energy efficiency, sustainable constructions, Green Office

## 1. INTRODUÇÃO

A energia fotovoltaica vem apresentando um crescimento constante no Brasil, segundo [1], estão instaladas mais de 30 mil unidades consumidoras de energia fotovoltaica do sistema de mini e micro geração de energia, com uma potência instalada no Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica

(SFVCR) de 322 MW enquanto a estimativa para este primeiro semestre de 2018 era de 214 MW, somente no Sistema de Compensação de Energia. No Paraná são 2.138 de unidades consumidoras de energia fotovoltaica no sistema de mini e micro geração e 23 MW de potência instalada em SFVCR [1].

Neste contexto, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) idealizou o Escritório

Verde (EV), uma edificação sustentável onde se utilizam tecnologias que impulsionam a sustentabilidade. O EV está localizado na sede Centro do campus Curitiba da UTFPR e possui 150 m<sup>2</sup> distribuídos em 2 pavimentos, sendo o segundo pavimento um mezanino. Na sua construção foram utilizadas diversas estratégias de sustentabilidade como materiais reciclados, certificados e de baixo impacto ao meio ambiente, produção de energia solar fotovoltaica, sistema de coleta da água da chuva, telhado verde, sistema construtivo em *wood frame*, isolamento térmico e acústico, dentre outras estratégias [2]. Na Figura 1 está ilustrado a fachada do EV.



Figura 1: Fachada do Escritório Verde

Fonte: Os autores

No Escritório Verde (EV) estão instalados dois modelos de sistema fotovoltaico, sendo um o conectado à rede e o outro isolado. O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFVCR) é baseado na interação da concessionária e o gerador fotovoltaico, havendo incidência solar sobre o painel fotovoltaico a energia é gerada e disponibilizada para a utilização. Quanto ao Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI), é composto por um banco de baterias que são alimentadas durante o período que o painel está gerando energia e no período que não há geração, as baterias alimentam cargas específicas. Utilizam-se estratégias de projeto para reduzir o consumo de energia da edificação com a iluminação natural e emprego de lâmpadas LED [3].

Neste artigo foram comparados dados de geração de energia com os dados de consumo de energia no EV, através da medição de consumo real e dados de geração do SFVCR coletados.

## 2. CARACTERÍSTICAS DO SFVCR DO ESCRITÓRIO VERDE

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica está instalado na cobertura do Escritório Verde e é composto por 10 módulos fotovoltaicos de silício policristalino ligados em série da marca KYOCERA, modelo KD210GX-LP e um inversor monofásico em 220V de 2kW de potência nominal da marca PVPOWERED modelo PVP2000. O sistema dispõe uma potência instalada de 2,1 kWp [3]. Na Figura 2 está ilustrado o inversor e os medidores de consumo e geração de energia.



Figura 2: Inversor e medidores

Fonte: Os autores

Na Figura 3 estão ilustrados os dois painéis do EV, ambos aplicados na cobertura da edificação. O painel mais abaixo do SFVCR e o mais acima do SFVI. O SFVCR ocupa uma área de 15 m<sup>2</sup> na cobertura, possui inclinação de 15° e desvio azimutal de 22° Oeste em relação ao Norte [3].



Figura 3: SFVCR e SFVI do EV

Fonte: Os autores

### 3. DADOS DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Escritório Verde possui um medidor de consumo exclusivo da edificação e o monitoramento dos dados de consumo vem sendo realizado desde o mês de maio de 2017. As medições são realizadas geralmente no primeiro dia útil do mês.

A análise apresentada no artigo contemplou o consumo de energia elétrica no período de 1 ano, dos meses de maio de 2017 a abril de 2018. Na Figura 4 está ilustrada a medição de consumo de energia acumulada até o dia 01/05/2017, que foi 4076,94 kWh.



Figura 4: Consumo acumulado em 01/05/2018

Fonte: Os autores

A medição realizada no dia 02/05/2018, apresentou o consumo acumulado de 5300,32 kWh, conforme Figura 5.



Figura 5: Consumo acumulado em 02/05/2018

Fonte: Os autores

Então, no período de análise de 1 ano, entre maio de 2017 a abril de 2018, o EV consumiu 1223,39 kWh, resultado da diferença entre o consumo acumulado de abril de 2018 e maio de 2017.

Foram realizadas medições do consumo acumulado nos meses compreendidos entre o período de análise. Em média, o Escritório Verde consumiu 102 kWh/mês e o consumo de energia por mês está discriminado na Tabela 1.

Tabela 1: Consumo de energia do EV

Consumo de energia elétrica (kWh)	
Mês/ano	Consumo mensal
mai/17	155,73
jun/17	103,83
jul/17	117,16
ago/17	130,476
set/17	86,984
out/17	141,53
nov/17	79,11
dez/17	75,68
jan/18	42,54
fev/18	108,82
mar/18	95,65
abr/18	85,88

Fonte: Os autores

### 4. DADOS DE GERAÇÃO DO SFVCR

Os dados de irradiação são coletados no site do INMET, relativos a estação A-807 existente em Curitiba, desde a implantação do SFVCR no Escritório Verde, em dezembro de 2011 e compilados para que seja possível realizar diversas análises.

O piranômetro do INMET está instalado na posição horizontal, por isso é necessário utilizar um software para determinar a irradiação real no plano inclinado dos módulos. Assim, optou-se pelo uso do software Radiasol, disponível gratuitamente pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul [4].

São coletados também os dados de geração de energia elétrica do SFVCR do EV e desde 2012 é realizado o acompanhamento do sistema. O Gráfico 1 apresenta a geração do SFVCR mês a mês desde janeiro de 2012 até o mês de abril de 2018.

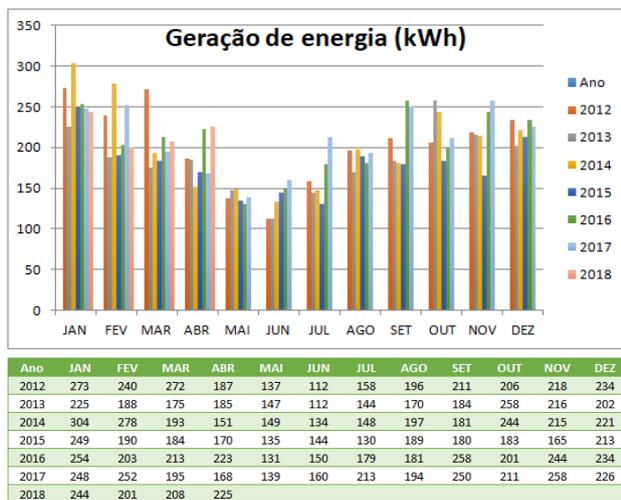


Gráfico 1: Geração de energia do EV

Fonte: Os autores

## 5. RESULTADOS

Comparando os resultados obtidos no decorrer período de análise que é de maio de 2017 a abril de 2018, a média mensal de geração de energia pelo SFVCR foi de 211 kWh e a de consumo do EV foi 102 kWh/mês. Com isso foi elaborado a Tabela 2 que indica os dados de geração SFVCR comparado com o consumo.

Tabela 2: Geração e consumo de energia do EV

	mai/17	jun/17	jul/17	ago/17	set/17	out/17	nov/17	dez/17	jan/18	fev/18	mar/18
Geração SFVCR (kWh)	139,00	160,00	213,00	194,00	250,00	211,00	258,00	226,00	244,00	201,00	208,00
Consumo (kWh)	155,73	103,83	117,16	130,48	86,98	141,53	79,11	75,68	42,54	108,82	95,65
Excedente (kWh)	-16,73	56,17	95,84	63,52	163,02	69,47	178,89	150,32	201,46	92,18	112,35
Resultado acumulado (kWh)	-16,73	39,44	135,28	198,80	361,82	431,29	610,18	760,50	961,96	1054,14	1166,49

Fonte: Os autores

Com os resultados obtidos, conclui-se que o Escritório Verde é uma edificação de energia positiva, pois segundo [3] construções energia zero (*Zero Energy Building*), são onde energia gerada é igual a energia necessária para atender a demanda existente na edificação, e isto é superado no EV pois a produção de energia gerada no SFVCR é maior que o consumo do EV.

No Gráfico 2 é ilustrado a diferença entre o consumo e a geração de energia elétrica no período de análise, e com isso a energia acumulada nesse período de geração de energia SFVCR.

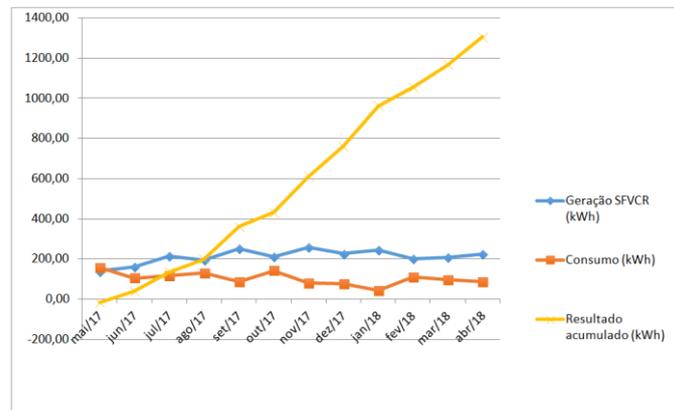


Gráfico 2: Representação da geração e consumo de energia do EV

Fonte: Os autores

Em análise ao Gráfico 2, os meses que mais contribuem para o excedente de energia são os meses de maior irradiação. O mês de Janeiro de 2018 apresentou um recorde de excedente de energia, igual a 201,46 kWh, mas em contrapartida, o mês de Maio de 2017 apresentou menor produção de energia (139 kWh) e com um maior consumo de energia no EV (155,73 kWh) com isso não injetou energia na rede elétrica, e sim precisou da energia da concessionária (16,73 kWh) para suprir a demanda de consumo.

## 6. CONCLUSÃO

Com todos os resultados obtidos e analisados, é possível concluir que o Escritório Verde vai além dos conceitos de uma edificação Zero Energy Building (ZEB), ele é efetivamente uma construção de energia positiva, ou seja, é gerado mais energia SFVCR do que se consome. A produção de energia através do SFVCR é superior ao consumo do Escritório Verde, onde foi gerado um excedente acumulado de 1305,61 kWh no período de maio de 2017 a abril de 2018.

O resultado desse baixo consumo de energia se deve ao emprego de lâmpadas LED e a utilização de técnicas que privilegiam a luz natural, reduzindo a necessidade da utilização da luz artificial.

Outro ponto importante que vale considerar é a não necessidade de ventilação forçada ou resfriamento/aquecimento artificial, pois a edificação possui boa carga térmica resultante dos materiais

isolantes e técnicas de ventilação cruzada empregadas na construção da edificação.

Por fim, o estudo no artigo apontou que o SFCVR possui resultados de ótima eficiência energética do EV, é uma alternativa para minimizar impactos ambientais e a geração de energia elétrica supre totalmente a demanda e, ainda excede a energia necessária para o funcionamento do EV. O EV é um laboratório vivo que além de um estudo de caso é uma ferramenta de ensino, além de estudos energéticos há outras possibilidades de pesquisa e análise cujos estudos futuros possam contemplar.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica. "Geração Distribuída". 2018. Disponível em <[http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp)>. Acesso em: 02 ago. 2018.
- [2] CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi. Relações Sustentáveis entre Universidade e Empresa: O projeto do Escritório Verde da UTFPR. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce; FERNANDES, Valdir. Gestão Empresarial e Sustentabilidade. Barueri: Manole, 2017.
- [3] URBANETZ JR, Jair; CASAGRANDE JUNIOR, Eloy Fassi; TIEPOLO, Gerson Máximo. Acompanhamento Do Desempenho Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Elétrica Do Escritório Verde Da UTFPR. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis, ago. 2014.
- [4] LABSOL - Laboratório de Energia Solar da UFRGS. Programa Radasol. Porto Alegre, RS. Disponível em: <<http://www.solar.ufrgs.br/>>.