

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

Larissa Barbosa Krasnhak – larissabarbosakrasnhak@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - PPGE

Elis Almeida Medeiros de Mello – elisalmeidamedeiros@hotmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil - PPGE

Jair Urbanetz Junior – urbanetz@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – PPGE e Programa de Pós Graduação em Sistema de Energia - PPGSE

Eloy Casagrande Junior – eloy.casagrande@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós Graduação em Tecnologia - PPGTE

Resumo. A crescente demanda de energia elétrica e a escassez de recursos exigem fontes de energia renováveis e equipamentos eficientes que reduzam o consumo de energia elétrica. O Escritório Verde (EV) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) é uma edificação sustentável que utiliza estratégias para reduzir os impactos ao meio ambiente. Uma das estratégias é a utilização do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR) que foi instalado em 2011 e alimenta o EV e o excedente de energia, outra edificação (Bloco V) pertencente à UTFPR. Dados de irradiação solar e energia gerada vêm sendo coletados e analisados. Este artigo apresenta uma comparação entre uma estimativa de consumo de energia e a geração de energia elétrica através do SFCR. Por meio de medições de consumo realizadas, foi realizado um levantamento in loco dos equipamentos elétricos utilizados no EV, estimando horas de uso e a potência, de modo que o cenário de consumo médio estimado para o período de novembro/2016 a outubro/2017 foi de 123,39 kWh/mês. A geração de energia do EV para o mesmo período foi 209 kWh/mês, com isso o SFCR produz mais energia do que consome mensalmente.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, Consumo de energia, Escritório verde

1. INTRODUÇÃO

Em um plano de implementação desenvolvido na Cúpula Mundial de Desenvolvimento Sustentável (*World Summit Sustainable Development*) no ano de 2012, em Johannesburgo, as Nações Unidas definiram diversos objetivos para incentivar e promover a produção de energia economicamente viável, socialmente aceitáveis e vindas de fontes sustentáveis renováveis e limpas. Dentro desta linha, se encontram a energia solar, eólica, biomassa, geotérmica, hidráulica, entre outras fontes que contribuem na diversificação da matriz energética mundial, viabilizando as ações mencionadas (MARIANO, 2017).

Em 25 de setembro de 2015, a Organização das Nações Unidas estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), formando a Agenda 2030. Dentre os objetivos apresentados está a energia acessível e limpa, foco que será discutido neste trabalho (AGENDA 2030).



Figura 1 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030.

No Brasil, a matriz energética é predominantemente renovável e a fonte hidráulica representa 64% de toda energia gerada no país segundo o Balanço Energético Nacional (2016), realizado pela Empresa de Pesquisa Energética. A energia solar fotovoltaica vem apresentando um crescimento entre as fontes de energia consideradas renováveis, tanto no cenário mundial como no cenário brasileiro, (ANEEL, 2017).

Contudo, dentre as fontes de energias citadas, a energia solar fotovoltaica é a mais abundante, inesgotável e limpa comparadas a outras fontes de energia renovável, e comparando com outras fontes como a energia hidrelétrica é totalmente viável por conta de que a energia citada depende de abundância de água e muito crítica em períodos de estiagem, levando a um aumento da demanda (GARCIA *et al.*, 2007).

Nesse contexto, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) idealizou o Escritório Verde (EV), uma edificação sustentável que utiliza tecnologias inovadoras. O Escritório Verde está localizado em Curitiba e possui 150 m² distribuídos em 2 pavimentos. Na sua construção foram adotadas diversas estratégias de sustentabilidade, como: produção de energia solar fotovoltaica, sistema de coleta e uso de água de chuva, telhado verde, materiais reciclados, certificados e de baixo impacto ao meio ambiente, entre outras. Na Fig. 2 pode-se observar a fachada do Escritório Verde e na Fig. 3 está apresentado o interior do EV.



Figura 2 – Escritório Verde.



Figura 3 – Interior do Escritório Verde.

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 (SFCR) 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 Isolado (SI), é composto por um banco de baterias que são alimentadas durante o período que o painel está gerando energia e no período de 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. Neste artigo foram comparados dados de geração de energia com um cenário de consumo de energia no EV, com uma abordagem qualitativa por meio de uma análise *in loco* dos equipamentos utilizados no EV, medição de consumo real e dados de geração do SFCR coletados.

2. CARACTERÍSTICAS DO SFCR DO ESCRITÓRIO VERDE

O Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica (SFCR) está instalado na cobertura do Escritório Verde e é composto por 10 módulos fotovoltaicos ligados em série da marca KYOCERA, modelo KD210GX-LP (tecnologia de silício policristalino) ilustrado na Fig. 4, e um inversor monofásico em 220V de 2kW de potência nominal da marca PVPOWERED modelo PVP2000 ilustrado na Fig. 5, dispondo uma potência instalada de 2,1 kWp. A área ocupada pelo painel fotovoltaico do SFCR é de 15 m².



Figura 4 e 5 – Painel FV e inversor do Escritório Verde.

3. CENÁRIO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O Escritório Verde possui um medidor de consumo exclusivo para a edificação, porém não era monitorado, então foi necessário criar um cenário de consumo para estimar a energia elétrica consumida no EV. Para isso, foi necessário um levantamento visual e fotográfico *in loco* de todos os equipamentos utilizados na edificação, como: sistema de iluminação artificial, equipamentos de refrigeração, computadores e equipamentos de mídia, entre outros. Primeiramente, seguiu-se a distribuição de ambientes conforme Fig. 6 e Fig. 7.



Figura 6 e 7 – Plantas de distribuição de ambientes EV.

Oliveira *et al.* (2013) identificaram e localizaram os equipamentos utilizados na iluminação artificial do EV, assim como levantaram as informações técnicas, que serviram para a criação deste cenário de consumo. Os demais dados de potência foram obtidos nas fichas técnicas dos equipamentos ou potências médias de equipamentos encontrados no mercado. Foram considerados equipamentos que possuem considerável consumo de energia e somente a parte de iluminação interna do Escritório. Na Fig. 8 a legenda utilizada nas plantas do EV, ilustradas nas Fig. 9 e Fig. 10.

LEGENDA	
○	Pendente Direto / Indireto 33W LED Mod. PD44–P33LED4K
□	Embutido Quadrado 24W LED Mod. EF35–E24LED4K
▣	Embutido Quadrado 12W LED Mod. ER16–E4MLED
■	Embutido Quadrado 3W LED Mod. EF28–E3LED
▪	Embutido Quadrado 1W LED Mod. EF27–E1LED
○	Embutido de Solo p/ Lâmpada PAR20 LED (LEDMAX)
⬇	Arandela Externa 6W LED Mod. AR72–S6LED4K
▪	Balizador 0,6W LED Mod. BZ17–E1LEDW

Figura 8 – Legenda equipamentos de iluminação artificial.

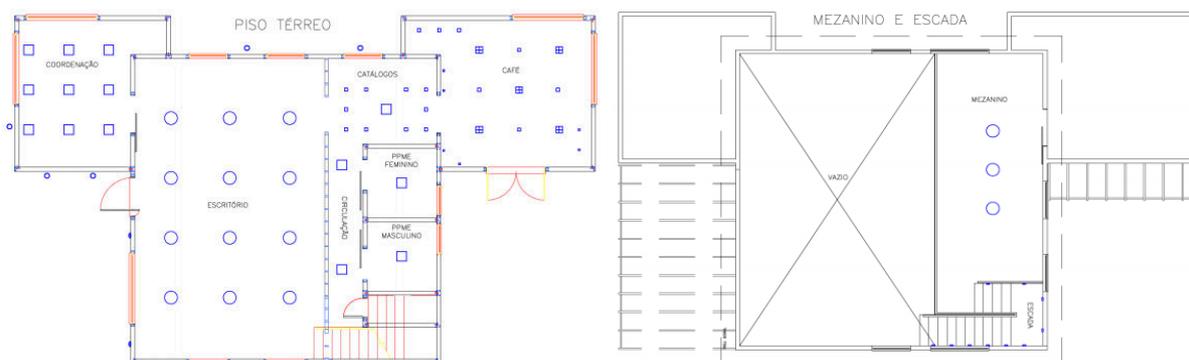


Figura 9 e 10 – Plantas esquemáticas dos equipamentos de iluminação artificial do EV.

O cenário de consumo teve como base seis medições realizadas no EV. Na realização da medição de consumo do mês de maio/2017, foi anotada a leitura do medidor de energia do início até o fim daquele mês e a diferença obtida entre os dois dados indicou o consumo do mês. O mesmo procedimento foi realizado para o mês de junho/2017, julho/2017, agosto/2017, outubro/2017 e novembro/2017. A Tab. 1 indica os dados retirados do medidor e o consumo mensal referente aos meses de coleta de dados.

Tabela 1 – Consumo mensal do EV.

DATA MEDIÇÃO	MEDIDOR CONSUMO EV	CONSUMO MENSAL
01/05/2017	4.076,93	155,73
01/06/2017	4.232,66	103,83
03/07/2017	4.336,49	117,16
01/08/2017	4.453,65	108,73
01/09/2017		108,73
02/10/2017	4.671,11	141,53
06/11/2017	4.812,64	
Medidas em kWh		

As informações coletadas no medidor são sempre no primeiro dia útil do mês. No mês de setembro/2017 não houve coleta de dados, então se adotou o consumo de agosto e setembro iguais, sendo a média da diferença do registro do medidor de outubro e agosto. Por conta de um feriado no mês de novembro/2017 a data da medição foi um pouco depois da convencional. A média do consumo dos 6 meses de acompanhamento é 122,62 kWh, esse resultado foi utilizado como base para a criação do cenário de consumo para o período de análise de 1 ano.

Então, com o levantamento realizado e o consumo medido nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro de 2017, foi possível criar um cenário de utilização dos equipamentos. Assumiu-se que o EV está aberto de segunda a sexta-feira e o tempo de utilização dos equipamentos foi estimado conforme conversa com os usuários e estão indicadas na Tab. 2. O sistema de resfriamento da edificação, um ar condicionado portátil de 280 W não é utilizado e não foi considerado no cálculo de consumo.

Tabela 2 – Cenário de consumo do EV.

LOCAL	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	POTENCIA (W)	HORAS UTILIZADAS POR SEMANA
Café	Embutido quadrado 12w	5	12	12
Café	Embutido quadrado 3w	7	3	12
Café	Embutido quadrado 1w	4	1	12
Café	Cafeteira	1	1000	5
Catálogos	Embutido quadrado 3w	10	3	12
Catálogos	Embutido quadrado 24w	1	24	12
Circulação	Embutido quadrado 24w	2	24	12
PPME Feminino	Embutido quadrado 24w	1	24	5
PPME Masculino	Embutido quadrado 24w	1	24	5
Escritório	Pendente direto	12	33	10
Escritório	Computador	1	250	10
Escritório	Multimídia Epson	1	308	10
Coordenação	Embutido quadrado 24w	3	24	5
Coordenação	Impressora DCP-J125	1	18,5	1
Coordenação	Computador	1	250	10
Coordenação	Telefone sem fio	1	1,6	2
Escada	Balizador	10	0,6	2
Mezanino	Pendente direto	3	33	5
Mezanino	Computador	2	250	15
Mezanino	Ar condicionado portátil	1	280	0

Com o cenário de consumo realizado, a estimativa é que o EV consome 122,71 kWh/mês nos meses que possuem 30 dias e são letivos, o ar condicionado portátil não é utilizado por nenhum aluno e professores no Escritório Verde, portanto foi considerado 0 horas utilizadas por semana e então sem consumo por mês. Então, criou-se um cenário para o período de novembro/2016 a outubro/2017, como ilustrado no Quadro 1, considerando a quantidade de dias no mês. Como adotou-se a média dos 6 meses de consumos medidos para a criação do cenário, o consumo dos meses letivos e não letivos são considerados os mesmos, diferenciado o consumo apenas conforme a quantidade de dias no mês.

Quadro 1 – Estimativa de consumo do EV.

	nov 2016	dez 2016	jan 2017	fev 2017	mar 2017	abr 2017	mai 2017	jun 2017	jul 2017	ago 2017	set 2017	out 2017
Consumo diário (kWh)	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09	4,09
Dias no mês	30	31	31	28	31	30	31	28	31	30	31	30
Consumo mensal (kWh)	122,71	126,80	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	122,71

4. DADOS DE GERAÇÃO E DESEMPENHO DO SFCR

Os dados de irradiação são coletados no site do INMET, relativos a estação A-807 existente em Curitiba, desde a implantação do SFCR no EV, 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 (UFRGS, 2012).

São coletados também dados de geração de energia elétrica do SFCR do EV e desde 2012 é realizada essa coleta para o acompanhamento do sistema e também análises e estudos. O Gráfico 1 apresenta a geração do SFCR mês a mês desde janeiro de 2012 até o mês de outubro de 2017.

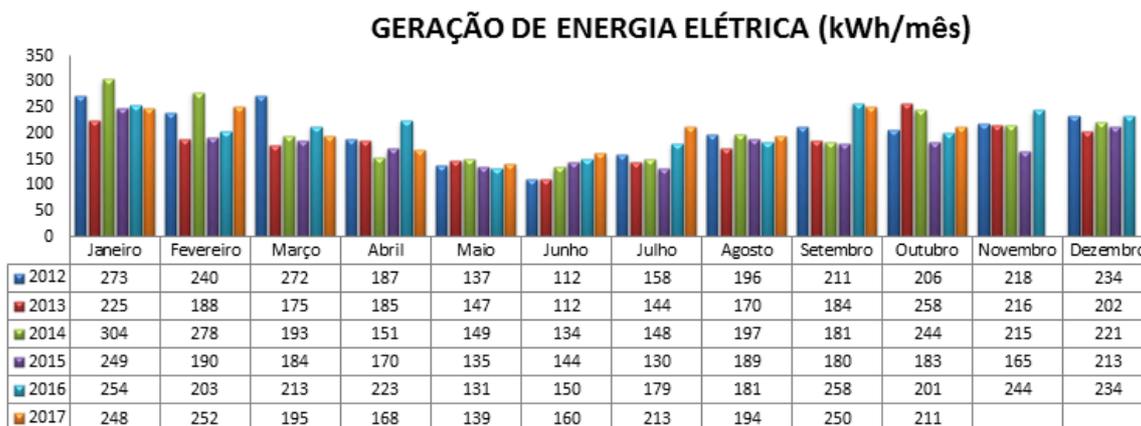


Gráfico 1 – Geração SFCR.

Considerou-se um período de 1 ano para análise, sendo novembro/2016 a outubro/2017. Nesse período, o mês de maio/2017 apresentou a menor geração e fevereiro/2017 a maior.

As Figuras de Mérito do SFCR do EV observadas entre 2012 e 2016 são: Produtividade = 1.111 kWh/kWp; Taxa de Desempenho = 70% e Fator de Capacidade = 12,7%. O SFCR do EV, bem como seus componentes individualmente (módulos e inversor), atendem as normas vigentes no país, como por exemplo, a NBR16274/2014 e a NBR 11876/2010.

5. DISCUSSÕES

Para a comparação dos resultados obtidos no decorrer do artigo elaborou-se o Quadro 2 com os dados da estimativa de consumo e os dados de geração de energia do SFCR no EV no período de novembro/2016 a outubro/2017. A média de geração de energia no período foi 209 kWh/mês e o consumo 123,39 kWh/mês.

Quadro 2 – Geração e consumo de energia no EV.

	nov 2016	dez 2016	jan 2017	fev 2017	mar 2017	abr 2017	mai 2017	jun 2017	jul 2017	ago 2017	set 2017	out 2017
Geração SFVCR (kWh)	244,00	234,00	248,00	252,00	195,00	168,00	139,00	160,00	213,00	194,00	250,00	211,00
Consumo estimado (kWh)	122,71	126,80	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	114,53	126,80	122,71	126,80	122,71
Excedente (kWh)	121,29	107,20	121,20	137,47	68,20	45,29	12,20	45,47	86,20	71,29	123,20	88,29
Resultado acumulado (kWh)	121,29	228,49	349,68	487,15	555,35	600,64	612,84	658,31	744,51	815,79	938,99	1027,28

Com os resultados obtidos, conclui-se que o Escritório Verde é uma construção de energia positiva, pois a produção de energia através do SFCR é superior ao consumo do escritório. No Gráfico 2 é possível visualizar a diferença entre o consumo e a geração de energia elétrica no período.

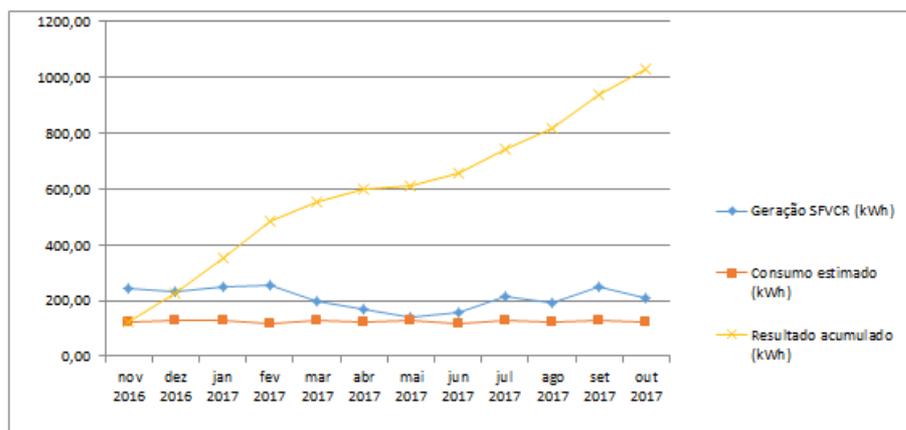


Gráfico 2 – Comparação da geração e consumo de energia do EV.

Analisando o Gráfico 2, pode-se observar que os meses que mais contribuem para o excedente de energia coincidem com os meses de maior irradiação. O mês de Fevereiro/2017 apresentou um recorde de excedente de energia (137,47 kWh) por ser o mês com maior geração no período e possuir 28 dias. Em contrapartida, o mês de maio/2017 apresentou menor produção de energia (139 kWh) e foi o que injetou menos energia para a rede (12,20 kWh).

6. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos, conclui-se que o Escritório Verde vai além de uma *Zero Energy Building* (ZEB) que, segundo Goodier (2011) é uma edificação que atende sua demanda energética produzindo sua própria energia e, usualmente usam menos energia que as edificações tradicionais. O EV então, pode ser caracterizado como uma construção de energia positiva, ou seja, gera mais energia do que consome. A produção de energia através do SFCR é superior ao consumo do Escritório, onde a estimativa indica que no período analisado, gerou um excedente de 1.027 kWh. O resultado se deve ao emprego de lâmpadas LED e à contribuição da iluminação natural, pois reduz a necessidade da utilização da iluminação artificial.

Outra questão importante a se considerar é o fato de não necessitar de equipamentos para a ventilação forçada ou aquecimento, pois a edificação possui boa carga térmica devida ao emprego de materiais isolantes e técnicas de ventilação cruzada.

O cenário de consumo adotado no trabalho foi uma média dos 6 meses de consumo medido e para obter melhores resultados na análise sugere-se que seja ampliada a medição do consumo real na edificação por meio de leituras e acompanhamento no medidor, em períodos maiores de tempo.

Por fim, o estudo apontou que o SFCR possui resultados ótimos na eficiência energética do EV, é uma excelente alternativa para minimizar os impactos ao meio ambiente e a geração de energia supre a demanda e, ainda, excede mais de 70% da necessidade. O EV como estudo de caso e como ferramenta de ensino tem, para além dos aspectos energéticos, outras possibilidades de pesquisa e análise cujos estudos futuros podem contemplar.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. “Matriz Energética do Brasil”. Disponível em: >https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2017_Web.pdf<. Acesso em: 02 ago. 2017.
- Agência Nacional de Energia Elétrica, 2017. “Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL”. Disponível em: ><https://microgeracaofv.wordpress.com/2016/08/06/registros-de-micro-e-minigeracao-fotovoltaiica-brasil-dados-da-aneel/><. Acesso em: 02 ago. 2017.

- Agenda 2030. Plataforma Agenda 2030. Brasil. Disponível em: < <http://www.agenda2030.com.br/>>. Acesso em 17 de novembro de 2017.
- Bem Paraná, 2012. ONU premia Escritório Verde” da Tecverde Engenharia e UTFPR: Escritório Verde é destacado em Educação e Sustentabilidade. Disponível em: < <http://www.bemparana.com.br/noticia/231892/onu-premia-projeto-escriptorio-verde-da-tecverde-engenharia-e-utfpr..>>. Acesso em: 17 de novembro de 2017.
- Garcia, A. V.; Oliveira, E. C. A. de; Silva, G. P.; Costa, P. P. da; Oliveira, L. A. de, 2007. Disponibilidade Hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, Município de Rio Verde, Estado de Goiás. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 8, n.22.
- Goodier, C, 2011. Zero-energy building. IN: Mulvaney, D. and Robbins, P. Green Technology: An A-to-Z Guide. London: SAGE Publications.
- Lima, Lucimara Ferreira de, 2013. Processo AQUA de certificação de edificações sustentáveis na fase operação e uso: estudo de caso do Escritório Verde da UTFPR. Dissertação de Mestrado. 104 f.
- Mariano, Juliana D’Angela, 2017. Análise do Potencial da Geração de Energia Fotovoltaica para Redução dos Picos de Demanda e Contribuição Energética nas Edificações da UTFPR em Curitiba. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.
- Oliveira, Allan R.. Campos, Henrique M. v. d. B..Amarante, João G., 2013.Study about the energy efficiency of the Green Office of Federal Technological University of Paraná, Curitiba campus. 256 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Industrial Elétrica – ênfase em Eletrotécnica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba.
- Revista Green Building. Conhecimento em sustentabilidade: Escritório Verde da UTFPR é exemplo de sustentabilidade e busca a certificação de operação e uso do Processo AQUA. Edição 13. Disponível em:<<http://www.revistagreenbuilding.com.br/projeto.php?id=37>>. Acesso em: 29 jun. 2017.
- UFRGS. “Programa RADIASOL”. Laboratório de Energia Solar. Rio Grande do Sul, 2012.
- Urbanetz Junior, Jair; Casagrande Junior, Eloy Fassi; Tiepolo, Gerson Máximo, 2014. Acompanhamento Do Desempenho Do Sistema Fotovoltaico Conectado À Rede Elétrica Do Escritório Verde Da UTFPR. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Florianópolis, ago. 2014.

BUILDING POSITIVE ENERGY: ANALYSIS OF GENERATION AND CONSUMPTION OF ELECTRIC ENERGY IN THE GREEN OFFICE OF UTFPR IN CURITIBA

Abstract. *The increasing demand for electricity and the scarcity of resources, require renewable energy sources and efficient equipment that reduce the consumption of electricity. The Green Office (GO) of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) is a sustainable building that uses strategies to reduce impacts to the environment. One of the strategies is the use of the grid connected photovoltaic system (on-grids) that was installed in 2011 and feeds the EV and the surplus energy, another building (Block V) belonging to UTFPR. Solar radiation and generated energy data have been collected and analyzed. This article presents a comparison between an estimate of energy consumption and the generation of energy through the on-grid. By means of consumption measurements, an on - site survey of the electrical equipment used in the EV was carried out, estimating hours of use and power, so that the estimated average consumption scenario for the period November/2016 to October/2017 was of 123.39 kWh/month. EV power generation for the same period was 209 kWh / month, so on-grid produces more energy than it consumes on a monthly basis.*

Key words: *Photovoltaic solar energy, Energy consumption, Green office*