

Estudo da aplicação de diferentes regimes de tarifação ao escritório verde da UTFPR

Nicole Polityto Cremasco¹
Renan de Oliveira Alves Takeuchi¹
Adriana Schilive de Souza¹
Jorge Assade Leludak¹
Jair Urbanetz Junior¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná

RESUMO

Houve considerável crescimento no setor fotovoltaico no Brasil, sendo que o Paraná atualmente é um dos estados com maior potência instalada, com aumento em 2019 de 10328 sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Por conta disto, há necessidade de estudo a respeito do potencial desta fonte de geração de energia para auxiliar no encaminhamento de medidas mais assertivas à região e para o suprimento da demanda no estado do Paraná. Sendo assim, este artigo tem por objetivo mostrar o estudo do impacto da geração do sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) do Escritório Verde (EV) no consumo do EV, além de realizar uma estimativa a respeito da economia financeira considerando cenário de tarifação da unidade consumidora do grupo B entre a tarifa convencional monômnia e tarifa branca. Para isto, primeiramente foi realizada análise dos valores de geração e consumo do ano de 2019, levantando a partir disto a quantidade de energia excedente gerada. Em um segundo momento os dados de consumo foram utilizados para a simulação dos valores que seriam pagos durante 2019 com a tarifa convencional monômnia e tarifa branca, considerando que o consumo ocorreu durante o período comercial. Os resultados da primeira análise mostram que a geração total de 2019 foi de 2508 kWh/ano, com geração média mensal de 209 kWh/mês, enquanto o consumo anual foi de 1102 kWh/ano, com média mensal de 91,89kWh/mês. Os resultados da segunda análise mostraram que a tarifa branca é mais vantajosa nas condições simuladas, com economia anual de R\$ 92,12 em relação a tarifa convencional monômnia.

Palavras-chave: Tarifação Convencional e Horária Branca, Eficiência Energética, Energia Solar Fotovoltaica

ABSTRACT

There has been considerable growth in the photovoltaic sector in Brazil, with Paraná currently one of the states with the highest installed power, with an increase in 2019 of 10,328 photovoltaic systems connected to the grid. Because of this, there is a need to study the potential of this source of energy generation to assist in forwarding more assertive measures to the region and to supply demand in the state of Paraná. Therefore, this article aims to show the study of the impact of SFVCR generation on its consumption, in addition to making an estimate regarding the financial economy considering the charging scenario of the group B consumer unit between the conventional monomial tariff and the white tariff. For this purpose, an analysis of the generation and consumption values for the year 2019 was carried out, raising from this the amount of surplus energy generated. In a second step, consumption data were used to simulate the amounts that would be paid during 2019 with the conventional monomial tariff and white tariff, considering that consumption occurred during the commercial period. The results of the first analysis show that the total 2019 generation was 2508 kWh / year, with an average monthly generation of 209 kWh / month, while the annual consumption was 1102 kWh / year, with a monthly average of 91,89 kWh / month. The results of the second analysis showed that the white tariff is more advantageous in the simulated conditions, with annual savings of R \$ 92,12 compared to the conventional monomial tariff.

Keywords: Conventional and Hourly White Tariffs, Energy Efficiency, Photovoltaic Solar Energy.

1. INTRODUÇÃO

Segundo REN21(2019), a energia solar fotovoltaica têm se tornado a fonte de mais rápido crescimento no mundo, com expansão considerável em diversos mercados, o que fez com que atualmente diversos países possuam potência instalada na ordem de Gigawatts(GW).

O Brasil possui 251.098 sistemas fotovoltaicos atuando na geração distribuída, com 2,94GW de potência instalada, tendo tido aumento de 119.432 sistemas em 2019. Com relação ao Paraná, há 17.306 sistemas instalados, com

268,24 MW de potência instalada, sendo que em 2019 houve acréscimo de 10.328 sistemas (ANEEL, 2020).

Para Silveira et al. (2018), com a crescente expansão, as energias renováveis que antes eram mais onerosas tendem a ter redução de custos e se tornaram cada vez mais competitivas. Sendo assim, os sistemas fotovoltaicos passam cada vez mais a representar possibilidade de investimento, cujo retorno financeiro é a redução de valor pago pela conta de energia elétrica.

Portanto, não somente por conta do aumento da utilização dos sistemas fotovoltaicos no estado do Paraná, como também pelo fato de que cada vez mais ela passa a representar um investimento, é necessário realizar estudo a respeito do impacto da geração de sistemas fotovoltaicos no consumo de edificações no estado. Além disso, para a maximização da redução de valor pago pela conta de energia elétrica, é necessária a realização de estudos tarifários para a escolha do regime mais adequado.

As duas tarifas que podem ser aplicadas a consumidores do grupo B são a tarifa convencional monômnia e a tarifa branca, que passou a ser opcional para todos os consumidores B em janeiro de 2020. Na primeira o valor de tarifa é similar para todos os horários do dia, enquanto na segunda há distinção do valor cobrado por conta do horário, que pode ser fora de ponta, intermediário, ou de ponta (ANEEL, 2020). O horário de ponta é constituído pelo período entre 18h e 21h, o intermediário pela hora anterior e a hora posterior ao período de ponta e o fora de ponta por todos os outros horários do dia.

Sendo assim, este estudo realiza análise do impacto da geração fotovoltaica no consumo de uma construção sustentável, além de realizar simulação a partir dos valores de consumo do valor pago por tarifa convencional monômnia e tarifa branca.

2. METODOLOGIA

Neste estudo foi analisado o Escritório Verde da UTFPR (EV), no qual foi instalado em dezembro de 2011 um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFVCR) da tecnologia policristalina, de potência instalada de 2,1kWp. Com relação a características de instalação do SFVCR, ele possui desvio azimutal de 22° Oeste e inclinação semelhante ao telhado, de 15°.

O período de estudo foi o ano de 2019, no qual a irradiação no plano inclinado mensal variou entre 2,5 kWh/m².dia e 5,85 kWh/m².dia, conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Irradiação Média Mensal no Plano Inclinado em Curitiba.

	jan/ 19	fev/ 19	mar/ 19	abr/ 19	mai/ 19	jun/ 19	jul/ 19	ago/ 19	set/ 19	out/ 19	nov/ 19	dez/ 19
Irradiação no plano inclinado (kWh/m ² .dia)	5,85	4,52	4,20	3,68	2,50	3,12	3,29	3,66	3,78	5,35	5,23	5,36

Os valores de irradiação global horizontal foram obtidos através do INMET(2019), e para a obtenção dos valores da irradiação no plano do painel fotovoltaico estudado foi utilizado o *software* Radiasol. A partir destes dados é possível observar a variação da irradiação média mensal durante o ano de 2019, sendo importante ressaltar que os meses com menor irradiação no plano inclinado foram maio, junho e julho, e os meses com maior foram dezembro e janeiro.

Para a realização do estudo de consumo e geração foram utilizados dispositivos instalados no interior do escritório verde. Para isto, uma vez por mês, em geral no último dia útil, durante todo o ano de 2019 os dados eram coletados *in loco*.

Os dados de geração foram coletados por meio de um inversor da marca PVPOWERED modelo PVP2000, cuja potência nominal é de 2 kWp. Este inversor é ilustrado na Figura 1.



Figura 1 – Inversor PVPOWERED. (Krasnhak et al., 2018)

Os dados de consumo foram obtidos por meio de um medidor que registrava somente os dados do EV. Este dispositivo é ilustrado na Figura 2 e na Figura 3, na

qual é possível observar o valor de consumo desde início de operação dele, referente à 7080,23 kWh no dia em que a foto foi tirada.



Figura 2 – Medidores EV.

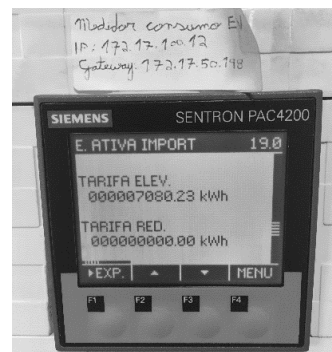


Figura 3 – Medidor de Consumo.

Com relação à análise tarifária, o consumo foi considerado integralmente para os cálculos referentes a tarifa convencional monômnia, todavia para a realização dos cálculos da tarifa branca adotou-se outra forma de cálculo. Como os dados de consumo eram coletados mês a mês, não foi possível identificar qual era o período em que o consumo abrangia o horário fora de ponta e intermediário, todavia o funcionamento do EV ocorre somente no período diário. Sendo assim, para fins de análise com relação a energia solar, para a determinação do período de cálculo foi considerado que o consumo ocorreu de forma igualitária durante todos os meses estudados em dias úteis entre as 8h e 12h, e posteriormente entre 13h e 18h, de forma similar ao horário comercial. Portanto, o período estudado para a tarifa branca abrangeu 7 horas fora de ponta e uma hora no período intermediário.

Para a obtenção do valor unitário com tributo, utilizou-se a equação 1, sendo que para a tarifa branca ele foi considerado separadamente para o período intermediário e o período fora de ponta.

$$V_{1T} = \frac{V_1}{1-(PIS+COFINS+ICMS)} \quad (1)$$

Sendo V_{1T} o valor unitário com tributo, V_1 o valor unitário sem tributo, indicado por COPEL (2019) como 0,51761, PIS o imposto denominado “Programas de

Integração Social”, COFINS o imposto denominado “Contribuição para Financiamento da Seguridade Social”, ICMS o imposto denominado “Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços”. Para a obtenção do valor total a ser pago, o valor unitário com tributo é multiplicado ao consumo.

O valor do ICMS permaneceu 29% durante o ano de 2019, todavia houve variação nos valores do PIS e COFINS, conforme indicado na Tabela 2.

Tabela 2 -Valores mensais da soma do PIS e COFINS em 2019. (COPEL, 2020)

	jan/ 19	fev/ 19	mar/ 19	abr/ 19	mai/ 19	jun/ 19	jul/ 19	ago/ 19	set/ 19	out/ 19	nov/ 19	dez/ 19
PIS + COFIN S	8,00 %	7,00 %	6,50 %	6,50 %	6,50 %	6,20 %	5,75 %	5,80 %	5,92 %	5,92 %	5,40 %	5,68 %

Foram considerados também as bandeiras tarifárias de cada mês conforme indicado pela Figura 4, disponíveis em ANEEL (2020), sendo importante ressaltar que em novembro de 2019 houve alteração no valor das alíquotas das tarifas amarela e vermelha.

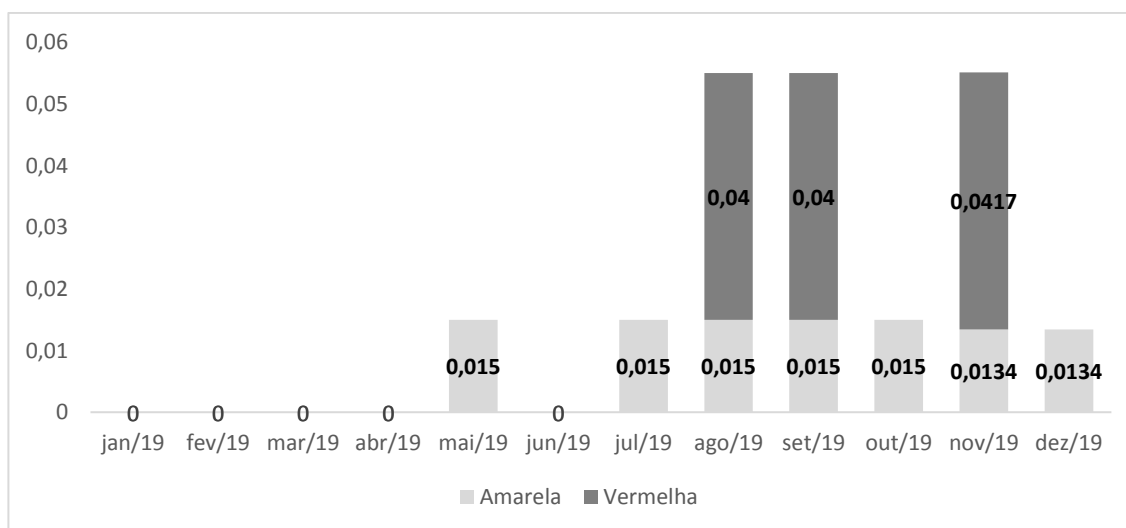


Figura 4 – Bandeiras Tarifárias de 2019.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises realizadas foram divididas em dois subtópicos, sendo um deles referente a relação entre o consumo e a geração de energia elétrica por meio do

SFVCR do EV e o outro ao estudo comparativo entre as tarifas convencionais monofásica e branca.

3.1 Estudo da Relação entre Geração do SFVCR e Consumo do EV

Em grande parte dos meses do ano de 2019, a geração do SFVCR do EV foi superior ao consumo, sendo a geração anual de 2508 kWh/ano, o consumo anual de 1102 kWh/ano, tendo conseqüentemente o excedente anual de 1405 kWh/ano. Os valores mensais podem ser observados por meio da Tabela 3 e da Figura 5.

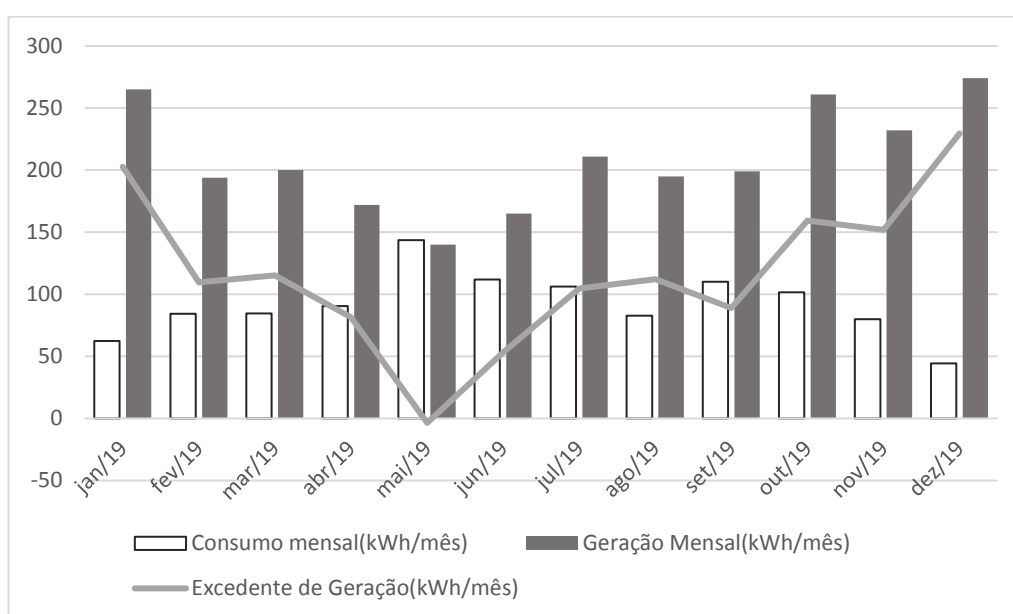


Figura 5 – Consumo, Geração e Excedente de Geração no EV em 2019.

Tabela 3 - Valores mensais de Geração, Consumo, Excedente de Geração e Relação entre Excedente de Geração e Geração em 2019

	jan/19	fev/19	mar/19	abr/19	mai/19	jun/19	jul/19	ago/19	set/19	out/19	nov/19	dez/19
Consumo (kWh/mês)	62,44	84,31	84,61	90,52	143,55	111,88	106,35	82,89	110,01	101,64	80,03	44,47
Geração (kWh/mês)	265	194	200	172	140	165	211	195	199	261	232	274
Excedente (kWh/mês)	203	110	115	81	-4	53	105	112	89	159	152	230
Relação (Excedente/Geração)	76,44%	56,54%	57,69%	47,37%	--	32,19%	49,60%	57,49%	44,72%	61,06%	65,50%	83,77%

O único mês de 2019 sem excedente foi maio, no qual ocorreu o menor irradiação mensal média do ano, referente a 2,5 kWh/m².dia, e consequentemente o menor valor de geração.

Nos meses de abril, maio e junho os valores de irradiação foram baixos, o que ocasionou baixos valores de geração, sendo eles os menores do ano, e que causaram excedente inferior a 50% da geração ou a inexistência do excedente, no caso de maio. Nos meses de maio, junho e setembro ocorreu também aumento do consumo, que foi superior a 110 kWh/mês.

Nos meses com maiores valores de irradiação mensal (outubro, novembro, dezembro e janeiro), foram encontrados os maiores valores de geração de energia mensal, sendo assim nestes meses foram encontrados os maiores valores de excedentes mensais, que variaram entre 61,06% e 83,77% dos valores de geração. A diferença dos valores percentuais do excedente em relação a geração dos meses de janeiro e dezembro em relação aos outros meses se relacionou não somente com os altos valores de geração, como também com os baixos valores de consumo, decorrentes do recesso que ocorreu em partes destes meses.

3.2 Estudo Comparativo entre Tarifa Convencional e Tarifa Branca

Os valores finais a serem pagos em cada um dos regimes tarifários são indicados na Tabela 4 e da Figura 6.

Tabela 4 - Valores mensais a serem pagos nos Diferentes Regimes Tarifários Estudados.

	jan/ 19	fev/ 19	mar/ 19	abr/ 19	mai/ 19	jun/ 19	jul/ 19	ago/ 19	set/ 19	out/ 19	nov/ 19	dez/ 19
Tarifa Branca	46,05	61,20	60,95	65,20	104,95	80,22	76,86	62,32	82,86	73,65	59,80	33,37
Tarifa Convencional	51,30	68,19	67,90	72,64	116,93	89,37	85,63	69,42	92,31	82,05	66,63	37,18

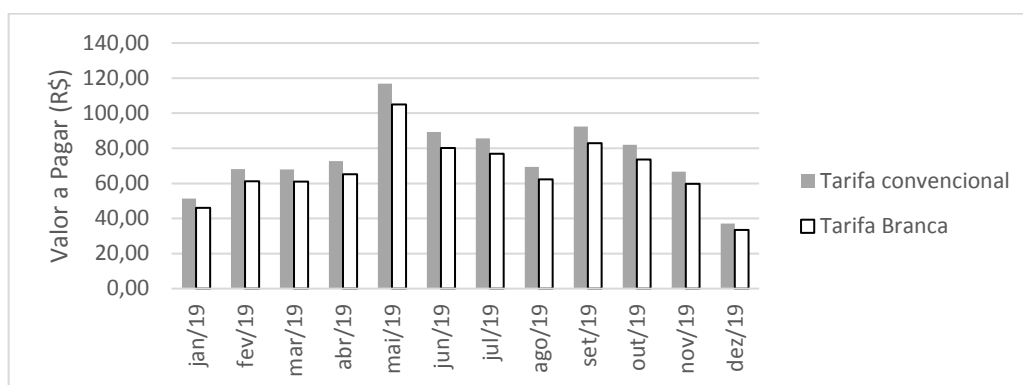


Figura 6 – Valores a Serem Pagos sobre a Tarifa Convencional e a Tarifa Branca.

O valor anual a ser pago com a tarifa convencional monômnia é R\$ 899,55, enquanto o valor a ser pago com a tarifa branca sobre as condições simuladas é R\$ 807,43, o que representa economia de R\$ 92,12 anuais com a utilização da tarifa branca.

A diferença percentual mensal entre cada tarifa foi de 89,76%, sendo que para o perfil de consumo estipulado para a simulação a tarifa branca se mostrou mais vantajosa, com valores inferiores a tarifa convencional monômnia entre R\$ 3,71 e R\$ 11,97. Esta diferença pode estar relacionada ao fato de que para a simulação não houve consumo durante o período de ponta e que somente uma hora de cada dia tinha tarifação superior por conta da tarifa do período intermediário.

Os meses com maiores valores a pagar foram maio, junho e setembro, nos quais houve maior consumo, enquanto nos meses de dezembro e janeiro ocorreu o contrário. Com relação a tarifa referente a bandeira amarela, os valores de acréscimo foram inferiores a R\$1,60, e nos casos em que foi aplicada a tarifa referente a bandeira vermelha 1, os valores foram inferiores a R\$3,50.

4. CONCLUSÕES

Este artigo realizou análises a respeito da relação entre a geração de um SFVCR e o consumo do EV, além de utilizar os valores de consumo do EV para realizar simulação do valor que seria pago com a utilização da tarifa convencional monômnia e a tarifa branca.

Com relação ao estudo da relação entre consumo e geração de SFVCR, houve excedente de geração na maioria dos meses, exceto maio, sendo que ele

variou entre 32,19% e 83,77%. Os meses de maior excedente de energia foram dezembro e janeiro, nos quais houve maior geração e menor consumo por se tratar de período com recesso. Os meses com menores valores de excedente de geração foram junho e setembro, nos quais houve aumento do consumo e a média da geração mensal foi inferior a 200 kWh/mês.

O comparativo entre a utilização da tarifa convencional monômnia e a tarifa branca em horário comercial com os dados de consumo do EV apresentou diferença percentual de 89,76% entre as duas. Além disto, a utilização da tarifa branca em detrimento da tarifa convencional monômnia apresentou economia anual de R\$ 92,11, o que indicou que para as condições simuladas foi mais vantajosa a utilização da tarifa branca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *“Bandeiras Tarifárias – Relatório de Aclonamento”*, 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *“Geração Distribuída”*, 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *“Tarifa branca é opção para consumidores em 2020”*, 2020.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia Elétrica. *“Tarifas”*, 2020.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia Elétrica. *“Taxas e Tarifas”*, 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. *“Estações Automáticas”*, 2019.

KRASNHAK, L. B., MELLO, E. A. M., MOURA, G. R., SANTOS, F. R., URBANETZ JR, J., *“Analysis of Production and Consumption of Electric Energy in the Green Office of UTFPR in Curitiba”*, 2018.

REN21. *“Renewables2020- Global Status Report”*, 2019.

SILVEIRA, C. O., TONOLLO, E. A., KRASNHAK, L. B., URBANETZ JR, J., *“Avaliação do Desempenho e Estudo da Viabilidade Econômica da Geração Distribuída por Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica”*, 2018.