

ANÁLISE DA CURVA DE DEMANDA VERSUS POTENCIAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA SEDE CENTRO DA UTFPR CIEI&EXPO 2016

Juliana D'Angela Mariano¹, Jair Urbanetz Junior²

¹ PPGEC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, julianadangela@gmail.com

² PPGEC e PPGSE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, urbanetz@utfpr.edu.br

Resumo: A energia solar fotovoltaica está cada vez mais presente na matriz energética mundial, seja pela aplicação de usinas fotovoltaicas de grande porte ou por meio de usinas geradoras de mini e microgeração incorporada às edificações, atuando como geração distribuída inserida no meio urbano. Neste sentido, este estudo tem por objetivo a análise das curvas de demanda e consumo da edificação da sede centro da UTFPR, mediante aplicação da plataforma CAS Hemera da COPEL, a fim de determinar o potencial para implementação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFVCR) neste local, pois possibilitam a redução de custos com energia elétrica a partir da aplicação da geração distribuída. Em dezembro de 2011 foi inaugurado o primeiro SFVCR da UTFPR, localizado na sede centro, em um dos blocos da universidade, que desde então gerou aproximadamente 11 MWh de energia elétrica. Neste trabalho é proposto um cenário de ampliação do SFVCR, utilizando as coberturas disponíveis, e é apresentada a contribuição da geração fotovoltaica e o deslocamento ou redução dos picos de demanda de energia e a contribuição energética para a sede centro da UTFPR.

Palavras chave: Sistema Fotovoltaico. Contribuição Energética. Geração de Energia.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios desse século está presente no setor de geração de eletricidade. Diversos problemas como, por exemplo, dependência de combustíveis fósseis, disponibilidade/confiabilidade do sistema elétrico e mudanças climáticas, podem influenciar o fornecimento de energia, principalmente no caso das usinas hidrelétricas, as quais dependem dos níveis de água dos reservatórios. Consequentemente, essas adversidades viabilizaram as “transições de sustentabilidade” no setor de eletricidade, mediante a aplicação de novos sistemas de energia, possibilitando grandes saltos em eficiência ambiental [1].

Neste contexto, Silva, Neto e Seifert [2] afirmam que o Brasil detém a posição de liderança com relação ao uso de fontes de energias renováveis e destaca o enorme potencial hidrelétrico brasileiro, que corresponde a mais de dois terços da capacidade instalada total do país. Embora existam muitas vantagens no uso de recursos hídricos, a predominância dessa fonte torna o sistema elétrico dependente de condições hidrológicas. Além do mais, as secas intensivas dos últimos anos contribuíram para os baixos níveis dos reservatórios. Em 2015, o setor energético brasileiro não vivenciou uma crise energética, devido à recessão econômica no país, o que impulsionou a adoção de estratégias de diversificação da matriz, a fim de aumentar a segurança energética e garantir o fornecimento de eletricidade.

Adicionalmente, os custos de investimento para a implementação de usinas hidrelétricas são altos, cerca de US\$ 1.420/kW e o tempo médio de construção varia de quatro a cinco anos. Essas usinas

apresentam vida útil de no mínimo 30 anos, que podem ser estendidos com a modernização e incremento de turbinas e geradores [2]. No Brasil, essa fonte representa mais que 60% da capacidade instalada, sendo que a maior usina é a hidrelétrica de Itaipu com 14 GW de capacidade de geração [3]. No entanto, diversas são as fontes de energia renováveis provenientes de fontes primária gratuita e abundante na superfície da terra [4], que é o caso da energia solar fotovoltaica.

A energia solar fotovoltaica é obtida mediante a conversão direta da radiação solar em eletricidade. Apesar da robustez destes sistemas, são extremamente simples na sua concepção exigindo pouca manutenção. A maior vantagem da aplicação desses sistemas é a sua modularidade e autonomia na operação, sendo aplicados como fonte de energia em sistemas de bombeamento de água, fornecimento de energia em locais remotos, comunicações, satélites e veículos espaciais, geração de energia em edifícios comerciais e residenciais no ambiente urbano e até mesmo para usinas em escala de grande porte, na ordem de megawatts [5].

Neste sentido, os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos entre sistemas isolados, que são normalmente instalados em locais sem acesso à rede elétrica, e necessitam de um elemento armazenador de energia, que neste caso são baterias; e sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFVCR), sendo objeto dessa pesquisa, são vistos como uma forma de geração distribuída ao longo dos alimentadores da rede elétrica de distribuição, em baixa ou média tensão, e contribuem para disponibilizar energia próximo ao ponto de consumo [6].

No cenário brasileiro as centrais fotovoltaicas ainda são pouco representativas, pois contam com uma capacidade instalada de cerca de 0,02% na matriz energética, com 39 usinas fotovoltaicas e aproximadamente 23 MWp, quantidade pouco significativa quando comparada ao potencial do país [7]. Contudo, no ano de 2017 este cenário apresentará um avanço significativo devido a construção e operação de grandes usinas fotovoltaicas, principalmente na região do Nordeste [8].

Por outro lado, após a implementação da normativa 482 da ANEEL houve um aumento significativo de instalações de micro (até 75 kW), e mini (até 5 MW) centrais fotovoltaicas no Brasil. De acordo com ANEEL [9], até meados de agosto de 2016, houve a implementação de 4.055 unidades fotovoltaicas geradoras no Brasil, totalizando aproximadamente 32 MWp. Cabe ressaltar que a ANEEL após a implantação das novas regras do sistema de compensação, prevê que até 2024 cerca de 1,2 milhões de unidades consumidoras passem a produzir sua própria energia, totalizando 4,5 GW de potência instalada [10].

Em dezembro de 2011 foi inaugurado o primeiro SFVCR da UTFPR, localizado na sede Centro, em um dos blocos da universidade. O sistema tem uma potência instalada de 2,1 kWp (10 módulos KYOCERA de tecnologia de silício policristalino, modelo KD210GX-LP ligados em série) e um inversor monofásico em 220V de 2 kW de potência nominal (PVPOWERED modelo PVP2000), ocupando na cobertura da edificação para esse painel apenas 15m² [11]. Na Figura 1 são apresentados os valores mensais de energia gerada por este SFVCR, desde sua implantação.

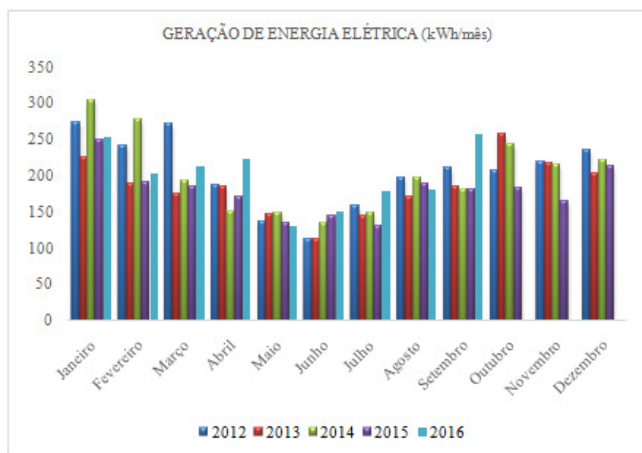


Fig. 1. Geração de Energia Elétrica (kWh/mês) no EV para os anos de 2012 a 2016

Fonte: Autoria própria

Analisando-se o funcionamento desse SFVCR nos anos de 2012 a 2016, observou-se uma geração total de aproximadamente 11 MWh neste período. O acompanhamento nestes quase cinco anos de operação do SFVCR na sede Centro confirma que esse sistema é de alta confiabilidade, visto que ele opera de forma ininterrupta desde sua instalação, de forma limpa e silenciosa e não

necessita de área adicional, pois o painel fotovoltaico está instalado sobre o telhado da edificação [11]. Dessa forma, a partir da metodologia descrita a seguir, será proposto um cenário de ampliação do SFVCR existente, visto que com base nos resultados obtidos anteriormente, comprova-se que essa é a forma mais promissora de geração distribuída para o ambiente urbano.

2. MÉTODOS

Pinho e Galdino [12] afirmam que a partir do histórico de medições de irradiação solar, “pode-se viabilizar a instalação de sistemas fotovoltaicos em uma determinada região, garantindo o máximo aproveitamento do recurso ao longo do ano”, pois há variações da intensidade de irradiação solar de acordo com a localização geográfica. Por esse motivo, conhecer do recurso solar é a variável que apresenta maior relevância para o desenvolvimento de um projeto de sistema de aproveitamento da energia solar, e este será feito através do Atlas Brasileiro de Energia Solar [13], o qual apresenta valores de irradiação solar para o plano horizontal para a longitude e latitude do local. A utilização do Atlas é justificada devido aos seus dados representarem valores de históricos referentes a um período de 10 anos.

Em 2015, a UTFPR adquiriu um piranômetro termoeletrônico modelo CMP 03, do fabricante Kipp&Zonen e um datalogger CR1000 da fabricante Campbell Scientific, o piranômetro foi instalado na cobertura do bloco B da sede centro do câmpus Curitiba [14]. O piranômetro é capaz de medir uma irradiância de até 1.500 W/m², instalado juntamente com o datalogger da UTFPR e configurado para obter dados solarimétricos em intervalos de minuto a minuto. Os valores medidos na UTFPR e comparados aos obtidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) apresentaram um desvio inferior a 1%, contudo é importante ressaltar que seu ponto de instalação se difere da estação solarimétrica do INMET. Logo, comprova-se que os dados obtidos pelo piranômetro são precisos e então, podem ser usados para realizar previsões da geração de energia elétrica proveniente de fontes fotovoltaicas em Curitiba.

Com relação ao critério de escolha dos dias típicos para análise de consumo e demanda, adotaram-se os dias com máxima e mínima irradiação no ano de 2016 e que coincidam com os dias letivos na universidade.

Para a coleta de dados referentes ao consumo e demanda de energia, assim como dados de faturamento mensal e fator de potência da universidade, ou seja, memórias de massa do medidor de energia elétrica, utilizou-se a plataforma denominada CAS Hemera. Esta ferramenta é disponibilizada pela COPEL, para clientes do grupo A, que é o caso do câmpus da UTFPR Curitiba, possibilitando também a interpolação de gráficos que permitem a visualização direta do perfil dos medidores de energia elétrica da UTFPR [15]. Para análise do perfil de carga da sede centro, a plataforma CAS Hemera, auxilia na identificação do período de maior consumo e demanda energética no local, com essa análise é possível verificar se haverá redução de picos de demanda

bem como a contribuição energética com a implementação de SFVCR na instituição.

A análise das áreas de cobertura, ou seja, telhados e locais disponíveis para alocação dos módulos fotovoltaicos no campus Curitiba é realizada mediante a avaliação das plantas baixas disponibilizadas pelo Departamento de Projetos (DEPRO) da UTFPR campus Curitiba e levantamento *in loco*, sem que haja comprometimento estético da edificação, a fim de determinar o potencial fotovoltaico do campus.

A estimativa da irradiação solar mensal e anual, para o plano inclinado conforme o cenário proposto é feita a partir da aplicação de programas específicos, que neste caso optou-se pelo uso do Radiasol, desenvolvido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Este programa é capaz de simular o comportamento real do gerador fotovoltaico, no que se refere à disponibilidade de irradiação solar ao longo do ano mediante parâmetros de entrada como coordenadas geográficas, irradiação local (Figura 2), inclinação e orientação dos módulos [16].



Fig. 2. Radiasol com Valores de Irradiação no Plano Horizontal
Fonte: Autoria própria

O dimensionamento do SFVCR pode ser iniciado a partir da definição do percentual do consumo a ser suprido. Geralmente este parâmetro está atrelado à área disponível para integração fotovoltaica e ao capital disponível para o investimento no sistema fotovoltaico, e esta área pode ser calculada de acordo com a área dos módulos fotovoltaicos, conforme Equação 1 [17].

$$N_{\text{mód}} = \frac{\text{Área}_{\text{disp}}}{\text{Área}_{\text{mód}}} \quad (1)$$

Onde:

$N_{\text{mód}}$: número de módulos;

$\text{Área}_{\text{disp}}$: área disponível;

$\text{Área}_{\text{mód}}$: área de módulos adicionada à área de espaçamento evitando sobreposição entre as fileiras.

A partir da potência do módulo e sua quantidade é possível calcular o valor da potência de pico instalada do painel ou arranjo, conforme Equação 2 [17].

$$P_{\text{FV}} = P_{\text{mód}} \times N_{\text{mód}} \quad (2)$$

Onde:

P_{FV} : potência fotovoltaica de pico instalada (Wp);

$P_{\text{mód}}$: potência dos módulos;

$N_{\text{mód}}$: número de módulos.

Para maximizar a geração anual em um SFVCR, a inclinação dos módulos deve ser correspondente a latitude local, para o caso de Curitiba, 25° e orientado para o norte geográfico. Porém, para o caso de estudo, os módulos fotovoltaicos serão alocados acompanhando o alinhamento dos blocos da universidade o que corresponde a um desvio azimutal de 22° para oeste em relação ao norte, fato que altera a inclinação ótima. Esta nova inclinação é obtida a partir de simulações no programa Radiasol sendo obtida a inclinação ótima como sendo 23°.

Obtidos os valores de irradiação diários médios mensais no plano do painel fotovoltaico, estima-se a geração diária média de energia elétrica através da Equação 3 [17].

$$E = \frac{P_{\text{FV}} \times H_{\text{TOT}} \times PR}{G} \quad (3)$$

Onde:

E : energia elétrica diária média (Wh/dia);

P_{FV} : potência fotovoltaica de pico instalada (Wp);

H_{TOT} : irradiação solar diária média mensal para a localidade em questão (Wh/m².dia);

PR : Taxa de Desempenho ou *Performance Ratio*, tipicamente entre 70 e 80% (75% para esta análise);

G : irradiância nas Condições Padrão de Teste (1.000 W/m²).

A partir dos valores mensais de energia elétrica produzida pelo SFVCR calculados na Equação 3, é possível analisar a contribuição do gerador fotovoltaico proposto, em relação a energia produzida e sobrepondo a curva de potência fotogerada com a curva de demanda, possibilitando identificar a possível contribuição na redução do pico de demanda.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1 são mostrados os valores de irradiação no plano inclinado obtidos no programa Radiasol, considerando 23° para inclinação do painel fotovoltaico e desvio azimutal do local de 22° para o oeste.

Tabela 1. Dados de Irradiação no Plano Inclinado da Sede Centro

IRRADIAÇÃO PLANO INCLINADO (RADIASOL) - kWh/m².dia													
ÂNG.	D. AZI	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
23°	22° (O)	5,53	5,46	5,27	4,51	3,74	3,67	3,88	4,82	4,56	5,10	5,84	5,72

Fonte: Autoria própria

Apesar dos valores diários médios de irradiação mínimos e máximos obtidos no Radiasol corresponderem aos meses de junho e dezembro, respectivamente, foi realizado um levantamento dos valores de irradiação diários incidentes na cidade de Curitiba no período de 01/01/2016 à 30/09/2016. Nessas medições, obteve-se como sendo o dia 28/03/2016 o de maior irradiação e o dia 21/06/2016 o de menor

irradiação, e estes serão utilizados nesta análise. A Tabela 2 apresenta os valores de irradiação obtidos nestas datas.

Tabela 2. Dias Típicos Selecionados

Data	Irradiação	Irradiação Diária (kWh/m².dia)
28/03/2016	Máxima	6,73
21/06/2016	Mínima	2,12

Fonte: Adaptado [18]

A área total da sede centro da UTFPR é de 23.172 m², e a partir da análise de cada bloco, os mais adequados para a aplicação de módulos fotovoltaicos foram: A, B, C, D, parte do E, L, T e Q, conforme indicados na Figura 3, pois estes apresentam suas coberturas com pouca inclinação e sem sombreamento por edificações adjacentes ou vegetações.

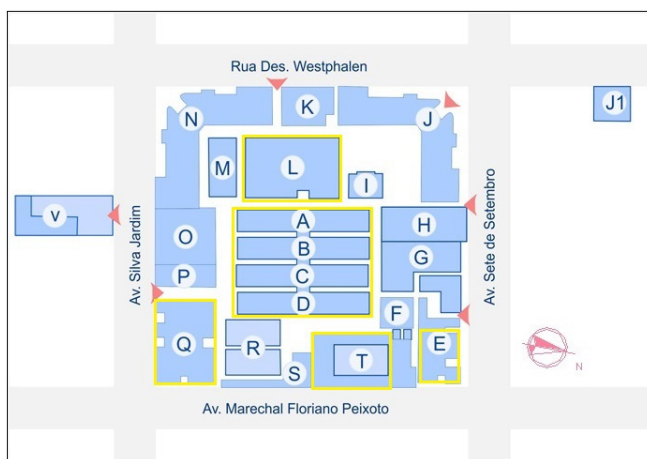


Fig. 3. Área de Cobertura da UTFPR - Sede Centro

Fonte: Adaptado [19]

A área total dos blocos escolhidos para implantação do SFVCR é de aproximadamente de 7.000 m². Para o dimensionamento do SFVCR proposto, optou-se pelo módulo fotovoltaico da Canadian Solar, com potência de 330 Wp, o qual apresenta uma área de 1,94m². Entretanto, é necessário acrescentar a área de espaçamento, ou seja, a distância entre módulos, a fim de evitar o sombreamento entre as fileiras (1,70m²), chegando-se a uma área total requerida por módulo de 3,64 m². Dessa forma aplicou-se a Equação 1.

$$N_{\text{mód}} = \frac{7.000 \text{ m}^2}{3,64 \text{ m}^2} \quad N_{\text{mód}} = 1.923$$

Aplicando-se as áreas na Equação 1, obteve-se o número de módulos igual a 1.923. Com a quantidade de módulos é possível calcular a potência do gerador fotovoltaico aplicando-se a Equação 2.

$$P_{FV} = 330 \times 1.923 \quad P_{FV} = 634,59 \text{ kWp}$$

A partir da área disponível e da quantidade de módulos, obteve-se uma potência instalada de 634,59 kWp. Logo, com o valor da potência instalada e *Performance Ratio* de 0,75 é possível estimar os valores de geração média (Equação 3) de energia elétrica mensal e anual descritos em MWh na Tabela 3.

$$E = \frac{634,59 \times 4,84 \times 0,75}{1} \quad E = 2.303,56 \text{ kWh/dia}$$

Tabela 3. Geração Média de Energia Mensal e Anual

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (MWh)												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAIO	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANUAL
81,59	72,76	77,75	64,40	55,18	52,40	57,25	71,12	65,11	75,25	83,39	84,39	840,80

Fonte: Autoria própria

Nota-se o que o valor estimado de energia diária é de 2.303,56 kWh/dia, enquanto que o os valor total anual a ser produzido pelo SFVCR é de 840,80 MWh/ano.

A partir da seleção dos dias de máxima e mínima irradiação foram gerados os gráficos de irradiação através dos dados coletados pelo piranômetro instalado na UTFPR. Na Figura 4 é mostrada a curva de irradiação para o dia 28/03/2016 (máxima irradiação).

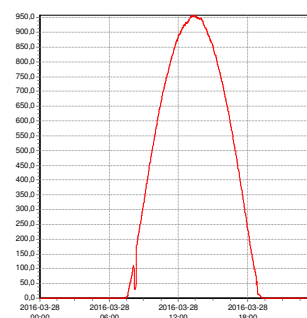


Fig. 4. Gráfico de Irradiância (Piranômetro) do Dia 28/03/2016

Fonte: Autoria própria

Na figura 5 é mostrada curva de geração obtida ao longo do dia 28/03/2016 pelo SFVCR instalado na sede Centro da UTFPR.

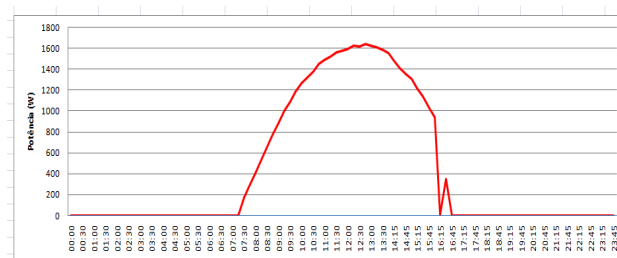


Fig. 5. Curva de Geração do SFVCR do Dia 28/03/2016

Fonte: Autoria própria

Observa-se coincidência entre a potência disponibilizada pelo SFVCR e a irradiação incidente sobre o painel fotovoltaico, conforme esperado.

Na figura 6 é mostrada a curva de demanda da UTFPR para o dia selecionado, obtida na plataforma CAS Hemera.

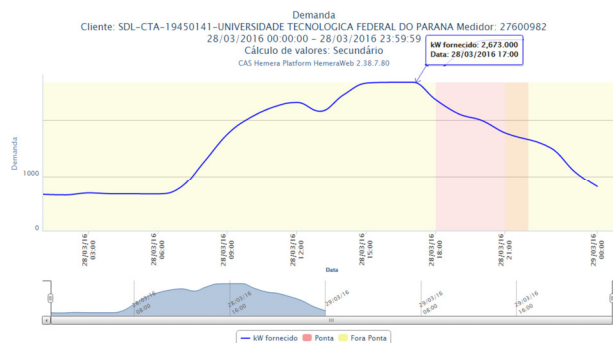


Fig. 6. Curva de Demanda do Dia 28/03/2016
Fonte: [15]

A figura 7 apresenta o comportamento da demanda que seria observada na sede Centro da UTFPR no dia 28/03/2016 considerando a existência do SFVCR de 634,59 kWp proposto.

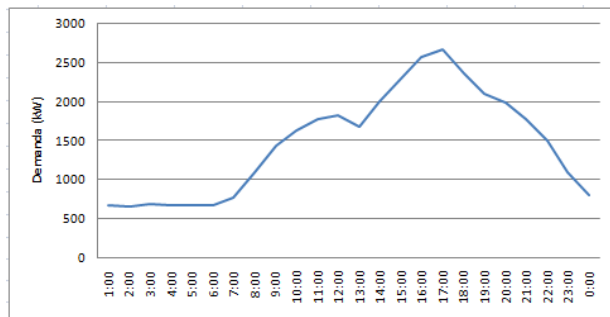


Fig. 7. Nova Curva de Demanda Considerando a Sobreposição da Demanda Original com a Geração FV Proposta para o dia 28/03/2016
Fonte: Autoria própria

Observa-se que apesar da alteração no comportamento da demanda ao longo deste dia, o pico da demanda continua existindo as 17:00, instante em que não há mais a contribuição do gerador fotovoltaico.

A seguir são apresentadas as figuras relativas ao dia de menor irradiação. A Figura 8 apresenta a curva de irradiação para o dia 21/06/2016 (mínima irradiação). Neste dia, além da baixa irradiação relativa ao mês do ano, observou-se também elevada nebulosidade.

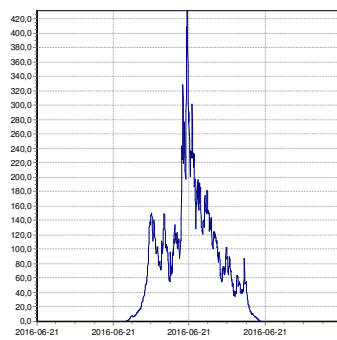


Fig. 8. Gráfico de Irradiância (Piranômetro) do Dia 21/06/2016
Fonte: Autoria própria

Na figura 9 é mostrada a curva de geração obtida ao longo do dia 21/06/2016 pelo SFVCR instalado na sede centro da UTFPR.

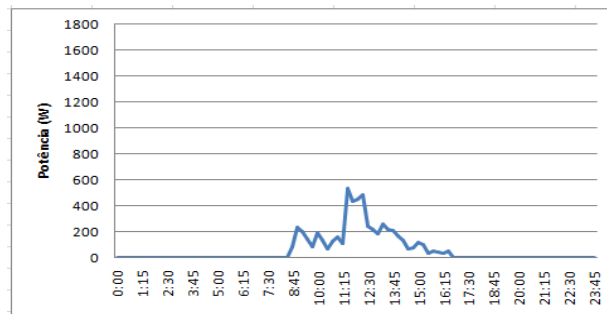


Fig. 9. Curva de Geração do SFVCR do Dia 21/06/2016
Fonte: Autoria própria

Na figura 10 é mostrada a curva de demanda da UTFPR para o dia selecionado, obtida na plataforma CAS Hemera.

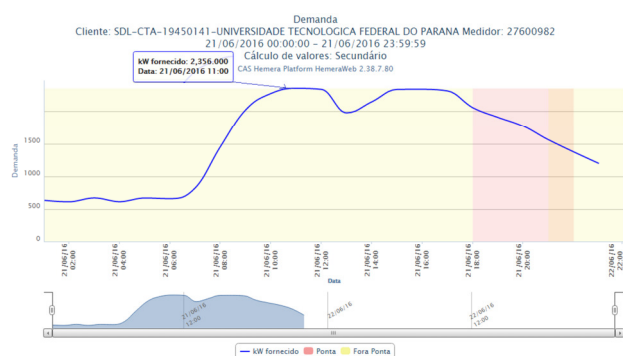


Fig. 10. Curva de Demanda do Dia 21/06/2016
Fonte: [15]

A figura 11 apresenta o comportamento da demanda que seria observada na sede Centro da UTFPR no dia 21/06/2016 considerando a existência do SFVCR de 634,59 kWp proposto.

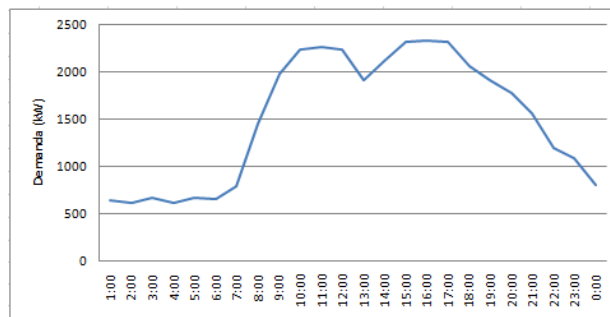


Fig. 11. Nova curva de demanda considerando a sobreposição da demanda original com a geração FV proposta para o dia 21/06/2016
Fonte: Autoria Própria

Pelo fato deste dia ter tido um comportamento de baixa irradiação, a contribuição do SFVCR é pouco significativa, mesmo assim ocorre uma leve alteração no comportamento

da demanda, havendo um deslocamento do horário observado sem o SFVCR que ocorria as 11:00, para um horário próximo das 17:00.

4. CONCLUSÃO

A análise proposta possibilitou a determinação do potencial para geração fotovoltaica da sede centro da UTFPR, resultando em um sistema aproximadamente 300 vezes maior que o SFVCR existente. Dessa forma, a ampliação proposta representa uma potência instalada de 634,59 kWp, resultando em uma produção de energia elétrica diária média de 2.303,56 kWh e 840,80 MWh/ano.

Observou-se a coincidência entre as curvas geradas nos gráficos de irradiância e de geração fotovoltaica obtidas pelo SFVCR existente, conforme esperado.

A sobreposição da curva de demanda da edificação, com a de geração fotovoltaica do sistema proposto, em um dia com alta incidência de irradiação solar, resultou em uma alteração no comportamento da demanda da sede centro, porém não contribuiu com a redução do pico da demanda, visto que o mesmo ocorreu as 17:00, momento em que não há contribuição energética do SFVCR.

No dia de mínima irradiação a alteração da curva de demanda foi pequena, mesmo assim, neste dia o pico de demanda que havia ocorrido as 11:00, foi deslocado para as 17:00.

Cabe ressaltar que o cenário proposto utilizou o perfil de potência disponibilizada pelo SFVCR de 2,1 kWp existente na sede centro da UTFPR, e em operação desde dezembro de 2011, logo o SFVCR de 634,59 kWp proposto efetivamente provocará alteração no perfil da curva de demanda da universidade conforme demonstrado nos dias analisados.

Portanto, o estudo aponta que a inserção de um SFVCR na instituição, contribuirá com a redução dos custos com energia elétrica devido à contribuição energética deste sistema, bem como, principalmente nos dias de alta incidência solar, existirá alteração no perfil da curva de demanda, podendo inclusive deslocar ou reduzir o pico da mesma.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio e financiamento dos recursos para realização desta pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

- [1] VERBONG, G. P. J. GEELS, F. Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. *Technological Forecasting & Social Change*. n. 77, p.1214-1221, 2010.
- [2] SILVA, R. C. NETO, I. M. SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. n. 59, p. 328-341, 2016.
- [3] MARIANO, J. D. SANTOS, F. R. BRITO, G. W. CASAGRANDE JR, E. F. URBANETZ JR, Jr. Hydro, thermal and photovoltaic power plants: A comparison between electric power generation, environmental impacts and CO2 emissions in the Brazilian scenario. *International Journal of Energy and Environment*, v. 7, n. 4, p 347-356, 2016.
- [4] HOSSAIN, M.S. MADLOOL, N.A. RAHIM, N.A. SELVARAJ, J. PANDEY, A.K. KHAN, A. F. Role of smart grid in renewable energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. n. 60, p. 1168-1184, 2016.
- [5] PARIDA, B. INIYAN, S. GOIC, R. A review of solar photovoltaic Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. n. 15, p. 1625-1636, 2011.
- [6] URBANETZ JUNIOR, J. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Redes de Distribuição Urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. 2010. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – UFSC, Florianópolis-SC, 2010.
- [7] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Matriz Energética do Brasil. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoGeracaoTipo.asp?tipo=12&ger=Combustivel&principal=Solar>> Acesso em: 5 fev. 2016a.
- [8] EXAME. “Enel Green Power vai construir usinas fotovoltaicas no país”. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/negocios/noticias/italiana-enel-green-power-vai-construir-2-usinas-fotovoltaicas-no-brasil>>. Acesso em 27 abr. 2016.
- [9] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. “Registros de Micro e Minigeradores distribuídos efetivados na ANEEL”. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso em 17 mai. 2016d.
- [10] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. “ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída”. 2015. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90>. Acesso em 17 mai. 2016.
- [11] URBANETZ JUNIOR, J. TIEPOLO, G. M. CASAGRANDE JUNIOR, E. F. TONIN, F. S. MARIANO, J. D. Geração Distribuída Fotovoltaica: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos da UTFPR em Curitiba. X Congresso Brasileiro De Planejamento Energético. Gramado-RS. 26 a 28 de setembro de 2016.
- [12] PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.; Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES). CEPEL - GTES. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014, 529 p.
- [13] PEREIRA, E. B. MARTINS, F. R. ABREU, S. L. RÜTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos, 2006.
- [14] ALMEIDA, L. T. Implantação de um Piranômetro Termoelétrico na UTFPR para Análise do Potencial de Energia Solar Nesta Localidade. 2015. 94 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica), UTFPR. Curitiba-PR, 2015.
- [15] TELEMEDICAÇÃO. Sistema de Telemetria de Energia. Disponível em <<http://telemetria.copel.com/hemera/hemera.jsp>>. Acesso em 5 mai. 2016.
- [16] UFRGS. Programa RADIASOL. Laboratório de Energia Solar. Disponível em <<http://www.solar.ufrgs.br/#softwares>>. Acesso em 10 mai. 2016.
- [17] URBANETZ JUNIOR, J. Energia solar fotovoltaica: fundamentos e dimensionamento de sistemas. Curitiba, 2012.
- [18] INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet>. Acesso em 5 mai. 2016.
- [19] UTFPR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em <<http://www.utfpr.edu.br/curitiba>>. Acesso em 28 abr. 2016.