



ANÁLISE DA COMPENSAÇÃO ENERGÉTICA DO CENTRO DE PESQUISA E CAPACITAÇÃO EM ENERGIA SOLAR DA UFSC

**Clarissa Debiazi Zomer (1); Isadora Pauli Custódio (2); Andriago Filippo Antonioli (3);
Kathlen Schneider (4); Márcio Sorgato (5); Ricardo Rütther (6)**

(1) Arquiteta, Dra. em Engenharia Civil, clazomer@gmail.com

(2) Arquiteta, mestranda em Engenharia Civil, isadorapcustodio@gmail.com

(3) Engenheiro Civil, doutorando em Engenharia Civil, andrigofilippo@gmail.com

(4) Engenheira Civil, mestranda em Engenharia Civil, kathlenschneider@hotmail.com

(5) Arquiteto, Dr. em Engenharia Civil, sorgatomarcio@gmail.com

(6) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, ricardo.rutther@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar Fotovoltaica, Av. Luiz Boiteux Piazza, 1302, Lotes 114/115 - Florianópolis - SC, 88056-000, Tel.: (48) 3721-4598

RESUMO

O objetivo central deste artigo é comparar a expectativa de geração fotovoltaica (FV) dos sistemas integrados ao Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC (Florianópolis – SC) com a geração energética dos sistemas que já estão operando, quantificar a fração de contribuição da energia gerada para o consumo atual, bem como analisar a compensação de energia regulamentada pela ANEEL. O estudo está dividido em quatro etapas: (1) Descrição dos quatro sistemas fotovoltaicos integrados às edificações do Centro de Pesquisa; (2) Simulações para estimar a geração energética dos sistemas FV propostos, utilizando o *software* PVSyst com quatro bancos de dados de irradiação; (3) Comparação dos valores de geração energética estimados com os valores de geração dos primeiros meses medidos; e (4) Análise da compensação de energia para o período analisado. Os resultados mostraram que, com 94,38 kWp de potência instalada, os sistemas FV do Centro de Pesquisa podem gerar aproximadamente 120 MWh por ano. Com apenas 15% desta energia, a edificação já passa a ser energia zero. Toda energia restante é injetada na rede em forma de créditos a serem utilizados por outras edificações da UFSC.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, Integração fotovoltaica à arquitetura, Simulação computacional para geração de energia fotovoltaica.

ABSTRACT

The main purpose of this article is to compare the photovoltaic (PV) generation expected from the systems integrated to the Solar Energy Research and Training Center of the Federal University of Santa Catarina (Florianópolis - SC) with the energy generation of the systems that are already operating, quantify the contribution fraction of the energy generated for the current consumption, as well as to analyse the energy compensation regulated by ANEEL. This study has been divided into four steps: (1) Description of the four photovoltaic systems integrated to the buildings of the Research Center; (2) Simulations to estimate the energy generation of the proposed PV systems using the PVSyst software with four irradiation databases; (3) Comparison of the estimated energy generation values with the generation values of the first measured months; and (4) Analysis of energy compensation for the analysed period. The results showed that with 94.38 kWp of installed power, the PV systems of the Research Center can generate approximately 120 MWh per year. With only 15% of this energy, the building can be already a zero-energy building. All remaining energy is injected into the grid in the form of credits and can be used by other UFSC buildings.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy, Building-integrated photovoltaic systems, Computer simulations for photovoltaic energy generation.

1. INTRODUÇÃO

Devido às condições hidrológicas desfavoráveis, 2015 foi o quarto ano consecutivo em que houve redução na oferta de energia hidráulica, mas, apesar da menor oferta hídrica, ocorreu um avanço da participação de renováveis na matriz elétrica de 74,6% para 75,5%. Este avanço é explicado pela queda da geração térmica à base de derivados de petróleo e ao incremento da geração à base de biomassa e eólica. A geração eólica, incentivada através de leilões e projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D), atingiu 21,6 TWh - crescimento de 77,1% - ultrapassando assim a geração nuclear em 2015. A potência eólica atingiu 7.633 MW, expansão de 56,2% (EPE, 2016).

Este cenário indica que há necessidade de inserir novas fontes de energia para diversificar a matriz energética nacional e o Brasil possui um grande potencial de aproveitamento de fontes renováveis. A ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) tem investido em programas de P&D e na promoção de leilões para aumentar a competitividade e diversidade das fontes renováveis, enfatizando recentemente a fonte solar (COSTA;2015).

As recentes ações regulatórias, tais como a que estabelece a possibilidade de compensação da energia excedente produzida por sistemas de menor porte (*net metering*), têm incentivado de forma significativa o crescimento da micro (até 75 kWp) e da mini (de 75 kWp a 5 MWp) geração distribuída de energia elétrica (ANEEL;2015; EPE;2016). No ano de 2015, a geração distribuída atingiu 34,9 GWh com uma potência instalada de 16,5 MWp, com destaque para a fonte solar fotovoltaica (FV), com geração de 20 GWh e potência instalada de 13,3 MWp (EPE, 2016). O incremento anual da energia solar para a matriz energética foi tão expressivo que esta fonte passou a ter mais visibilidade no Balanço Nacional de Energia de 2016, deixando, pela primeira vez, de aparecer nas tabelas apenas como “Outras Renováveis”.

De acordo com o BIG (Banco de Informações de Geração) da ANEEL, em março de 2017, o Brasil possuía 23 MWp de potência instalada em usinas FV. Para os próximos anos, está prevista uma adição de 2,98 GWp na capacidade de geração FV do País, proveniente de 21 empreendimentos atualmente em construção e mais 90 empreendimentos com construção não iniciada (BIG;2017).

Diante dos valores supracitados, pode-se dizer que o cenário de energia solar no Brasil indica um futuro promissor para os sistemas FV conectados à rede e integrados às edificações (MARTINS *et al.*;2008; RÜTHER e ZILLES;2011). Integrados a edificações inseridas em meio urbano, os geradores FV geram energia junto ao ponto de consumo, de forma distribuída e sem ocupar área extra, já que ficam sobrepostos ou desempenham o papel de vedações na arquitetura (ATTIA e HERDE;2010; BAHAJ e JAMES;2007; BAZILIAN *et al.*;2001; CHIVELET;2010; FRONTINI *et al.*;2012). Além disso, projetos que demonstram a utilização de sistemas FV como elementos de composição arquitetônica são muito importantes para que os custos da eletricidade FV continuem caindo (ROPP *et al.*;1997). Quando um sistema FV integrado à edificação gera anualmente a mesma quantidade de energia que o edifício consome neste período, diz-se que a edificação é um net-zero ou edificação de energia zero. Caso a geração anual seja superior ao consumo, o edifício passa a ser Energia Positiva (SCOGNAMIGLIO e GARDE;2014; SCOGNAMIGLIO e RØSTVIK;2012).

Com a contínua redução dos preços de módulos FV, o sucessivo desenvolvimento da tecnologia, o aumento da eficiência de conversão energética e, conseqüentemente, a otimização do desempenho dos geradores FV, os elementos FV poderão ser previstos cada vez mais em projetos de engenharia e arquitetura, até mesmo em situações não consideradas ideais, ou seja, não orientados ao norte com inclinação diferente da latitude local.

Este trabalho busca aproximar arquitetos e engenheiros da tecnologia FV integrada a edificações inseridas em meio urbano, através da demonstração da compensação de energia possibilitada pelos diferentes sistemas FV integrados ao Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

1.1. Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC

Também denominado como Lab. Fotovoltaica-UFSC, o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC está localizado no parque tecnológico Sapiens Parque, na cidade de Florianópolis (27.59° S, 48.54° O) e tem por objetivo principal disseminar conhecimentos sobre a aplicação da tecnologia FV no meio urbano. O Centro de Pesquisa é constituído por dois blocos: A e B. O Bloco A possui uma sala de aula para capacitação e treinamento de profissionais que irão trabalhar ou desenvolver pesquisa na área de energia solar FV; um auditório que possibilita a realização de eventos, como congressos e encontros institucionais, com capacidade para até 80 pessoas; e salas exclusivas para professores e alunos da UFSC desenvolverem seus projetos de pesquisa. O Bloco B é destinado à realização de atividades práticas relacionadas com os

projetos desenvolvidos no Bloco A, além da capacitação prática de pessoas. O Bloco B possui um laboratório de monitoramento de usinas FV, para avaliação em tempo real dos sistemas FV monitorados pelo grupo em diferentes localidades, bem como um laboratório de prototipagem, onde há desenvolvimento e testes de equipamentos relacionados ao uso da energia solar FV. Fazendo a ligação entre os laboratórios, uma oficina equipada com ferramentas e aparelhos mecânicos dá suporte para os mesmos. O Bloco B possui ainda um mezanino ocupado por pesquisadores e um terraço com uma estação solarimétrica completa.

As coberturas dos blocos possuem integração de módulos FV, instalados de modo a possibilitar a sua visualização pelos visitantes do local e, portanto, divulgar esta tecnologia. Além das edificações, o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar possui um estacionamento coberto por módulos FV e um posto de recarga para suprir a energia de um ônibus elétrico. Portanto, além de gerar energia limpa para suprir a necessidade energética das edificações, os geradores solares foram projetados para alimentar veículos elétricos e injetar energia excedente na rede elétrica em horários específicos.

A Figura 1 apresenta a disposição das edificações com integração FV que compõem o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC, a denominação de cada sistema e suas respectivas potências instaladas.



Figura 1- Sistemas FV integrados ao Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC.

2. OBJETIVO

O objetivo central deste artigo é comparar a expectativa de geração FV dos sistemas integrados ao Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC (Florianópolis – SC) com a geração energética dos sistemas que já estão operando, quantificar a fração de contribuição da energia gerada para o consumo atual para, então, analisar a compensação de energia regulamentada pela ANEEL.

3. MÉTODO

O estudo está dividido em quatro etapas.

3.1. Descrição dos sistemas FV

A primeira etapa trata da descrição da tomada de decisões que foram necessárias para a elaboração do projeto arquitetônico, do projeto elétrico, bem como da forma de fixação dos sistemas FV aos telhados do Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC.

3.2. Estimativa de geração FV

Na segunda etapa, foram realizadas simulações para se estimar a geração energética, o *yield* (produtividade do sistema) e a PR (taxa de desempenho) dos sistemas FV propostos, utilizando o *software* PVsyst (PVSYST;2013) e quatro bancos de dados de irradiação diferentes: INPE, NASA, NREL e Meteonorm. A comparação entre bancos de dados foi realizada visto que há diferenças tanto nos valores mensais quanto nos totais anuais entre eles. Desta forma, pretendeu-se identificar qual das simulações, baseadas nos diferentes

bancos de dados, apresentaria os valores mais próximos aos valores reais de geração FV. As simulações levaram em consideração a configuração elétrica exata dos sistemas FV, com a inserção de características inerentes a cada um deles tais como: módulo FV; inversor; divisão das *strings*, ou seja, divisão das séries de módulos que compõem cada subsistema; e ainda inserção de parâmetros de perdas por sujeira, por descasamento entre módulos, por temperatura e por indisponibilidade do sistema. Os quatro sistemas, bem como seu entorno, foram modelados tridimensionalmente no *software* para se estimar também as perdas por sombreamento.

3.3. Comparação entre geração FV estimada e geração FV real

Parte dos sistemas FV instalados no Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC começaram a injetar energia elétrica na rede a partir de julho de 2016. Os dados de geração FV dos meses subsequentes foram comparados com os valores de geração FV estimados pelo *software* PVsyst para os mesmos sistemas utilizando os quatro bancos de dados analisados, a fim de analisar qual banco de dados melhor se aproximou da geração energética real.

3.4. Compensação de energia

A energia gerada nos meses a partir de julho de 2016 foi comparada com o consumo de energia no mesmo período. Assim, fez-se um balanço entre geração e consumo energético para que a compensação de energia (*net metering*) fosse quantificada.

4. RESULTADOS

4.1. Descrição dos sistemas FV

O gerador FV do Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC possui 94,38 kWp de potência instalada e é composto por 4 sistemas independentes: Sistema A, sobre a cobertura do Bloco A; Sistema B, sobre a cobertura do Bloco B; Sistema C, sobre a cobertura do estacionamento; e Sistema D, sobre o posto de recarga do ônibus elétrico.

O Sistema A é composto por 270 módulos de silício policristalino (p-Si), com 245 Wp de potência nominal, instalados de forma a seguir a curvatura da cobertura existente, com inclinação dos módulos variando de fileira a fileira e potência total instalada de 66,15 kWp. Dois terços do sistema são orientados ao norte e um terço está na horizontal ou levemente inclinado ao sul. A fim de valorizar a curvatura original do projeto e demonstrar a aplicabilidade de módulos FV rígidos nesta situação, a integração arquitetônica do Sistema A deu-se através da fixação dos módulos em posição paisagem, de modo que a menor dimensão fizesse a composição da curva. Os módulos foram fixados em perfis metálicos, com 10 cm de espaçamento até a cobertura existente, favorecendo a ventilação sob os mesmos. O sistema de cobertura adotado neste projeto possui arremates clipados e a junção das lâminas metálicas é feita por zipagem em obra, com perfiladeira portátil. A telha escolhida possui duas faces em aço com núcleo em lã de rocha, para contribuir com o conforto térmico e acústico da edificação, além de possuir um sistema automático de calandragem em obra, permitindo a aplicação côncava ou convexa, ideal para superfícies curvas.

O Sistema B é composto por 95 módulos de silício microamorfo (μ Si), de 142 Wp de potência nominal, orientados ao norte, com inclinação de 6° (cobertura inclinada) e 13,5 kWp de potência instalada. Parte deste sistema (8 módulos FV) foi destinado à alimentação de bombas que movimentam a água dos espelhos d'água do Centro de Pesquisa, sendo conectados diretamente a elas. Sendo assim, 87 módulos desta cobertura fazem parte do Sistema B conectado à rede, ou seja, 12,35 kWp. Assim como o Sistema A, o Sistema B foi instalado sobre telha sanduíche metálica (neste caso reta) com núcleo em lã de rocha, e afastamento de 10 cm entre a superfície metálica e os módulos FV.

O Sistema C é composto por 112 módulos de disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS), com inclinação de 5°, orientados a oeste e potência instalada de 13,44 kWp. O Sistema C cobre 8 vagas de estacionamento para carros e um bicicletário para 6 bicicletas, sendo que os módulos FV fazem a vedação da cobertura. A instalação dos mesmos foi feita sobre uma estrutura metálica com calhas para direcionar a água da chuva e, ao mesmo tempo, garantir a estanqueidade da cobertura. Uma das características do módulo adotado foi ressaltada nesta solução: sua face posterior espelhada, que reflete o estacionamento e os jardins, agrega valor estético ao conjunto.

O Sistema D é composto por 25 módulos de telureto de cádmio (CdTe) com inclinação de 3°, orientados a 36° leste e potência instalada de 2,44 kWp. O Sistema D cobre o posto de recarga que abastece

o ônibus elétrico (e-Bus) e foi desenhado a partir de uma proposta de parada de ônibus, que também atende a necessidade de abrigar um trafo de 100 kVA e um carregador com 75 kW de potência (Takaoka/Mitsubyschi) do tipo “slow charger” (carga lenta de 1:30h). Os passageiros não possuem acesso aos equipamentos elétricos, porém podem utilizar os espaços de banco e pequeno jardim para esperar o ônibus de maneira mais confortável. O motorista é o único que tem acesso ao carregador do e-Bus e o trafo de média tensão tem acesso restrito. A técnica construtiva adotada para o posto de recarga foi um sistema autoportante e 100% reciclável, composto por painéis de microconcreto armado com preenchimento em EPS, que formam um sanduíche (concreto armado + EPS + concreto armado).

A Figura 2 apresenta alguns dos detalhes construtivos supracitados. Pode-se notar que os módulos FV do Sistema A, apesar de rígidos, integram-se à curvatura da cobertura de forma a parecerem curvos também. No Sistema B, destaca-se a distância entre os módulos e a telha metálica, bem como o sistema de zipamento e clipagem desta solução de cobertura. No Sistema C, destaca-se o lado posterior espelhado dos módulos e a estrutura metálica que direciona a água da chuva. No Sistema D, os módulos do tipo vidro-vidro foram fixados em uma estrutura de perfis de alumínio, instalados diretamente sobre a laje de cobertura. A Tabela 1 apresenta um resumo das características de cada sistema presente no Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC.



Figura 2- Detalhes construtivos dos Sistemas A, B, C e D.

Tabela 1 - Características dos sistemas FV instalados no Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC.

SISTEMA	TECNOLOGIA	SUBSISTEMA	DESVIO AZIMUTAL	INCLINAÇÃO	POTÊNCIA INSTALADA (kWp)
A	p-Si	A1	0°	20,7°	4,41
			0°	19,1°	4,41
			0°	16,2°	4,41
			0°	14,2°	4,41
			0°	12,1°	4,41
				22,05	
		A2	0°	9,7°	4,41
			0°	7,3°	4,41
			0°	5,6°	4,41
			0°	3,2°	4,41
			0°	1,2°	4,41
				22,05	
		A3	180°	0,4°	4,41
			180°	1,8°	4,41
			180°	3,4°	4,41
180°	5,1°		4,41		
180°	8,9°		4,41		
		22,05			
		Potência instalada A (kWp)	66,15		
B	μ-Si	B	0°	6°	12,35

		Potência instalada B (kWp)			12,35
C	CIGS	C	270°	5°	13,44
		Potência instalada C (kWp)			13,44
D	CdTe	D	36°	3°	2,44
		Potência instalada D (kWp)			2,44

4.2. Estimativa de geração FV

A Tabela 2 apresenta a estimativa de geração FV anual, e a Figura 3 o *yield* (produtividade do sistema) e a PR (taxa de desempenho) de cada um dos sistemas analisados, calculados a partir de dados de irradiação solar de quatro bancos de dados (INPE, NASA, NREL e Meteonorm) através do *software* PVSyst.

Tabela 2 - Geração FV estimada de cada sistema para quatro bancos de dados.

Sistema	Banco de dados	Geração FV Estimada (kWh/ano)
A	INPE	85.106
	NASA	84.786
	NREL	84.780
	Meteonorm	81.642
B	INPE	15.986
	NASA	15.941
	NREL	15.893
	Meteonorm	15.340
C	INPE	17.360
	NASA	17.258
	NREL	17.326
	Meteonorm	16.470
D	INPE	3.252
	NASA	3.240
	NREL	3.239
	Meteonorm	3.093
TOTAL	INPE	121.704
	NASA	121.225
	NREL	121.238
	Meteonorm	116.545

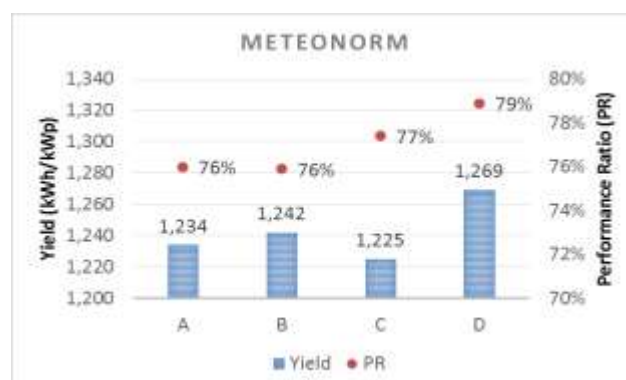
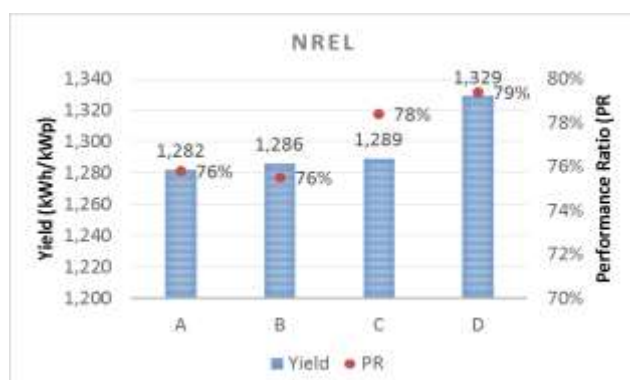
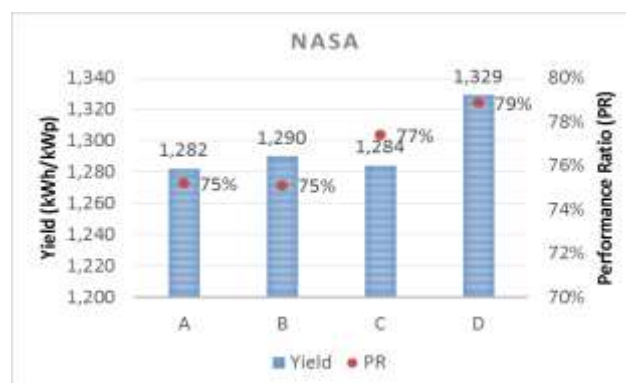
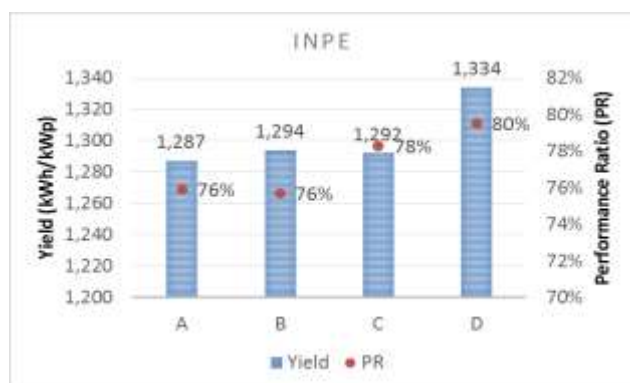


Figura 3- *Yield* e PR estimados de cada sistema para os quatro bancos de dados.

Através das simulações apresentadas na Figura 3, o Sistema D foi o que apresentou maiores valores de *yield* e de PR. Este resultado demonstra que, mesmo este não sendo um sistema idealmente orientado e inclinado (desvio de 36°L, inclinação de 3°), ele apresentou um ótimo desempenho devido à configuração elétrica do arranjo FV e às características dos componentes do sistema, ou seja, suas perdas foram minimizadas (perdas por temperatura, perdas por descasamento de módulos, perdas do inversor, entre outras).

Entre os Sistemas A, B e C, o B foi o que apresentou maiores valores de *yield* e o C, maiores valores de PR. Este resultado reforça o fato de que o *yield* está diretamente relacionado à disponibilidade de irradiação solar e o PR está relacionado à engenharia do sistema. O sistema B está orientado ao norte e é livre de sombreamento, portanto, melhor *yield*. O Sistema C está orientado a leste e é sombreado, no entanto, possui um módulo que desempenha melhor no calor e em casos de sombreamento parcial. O Sistema A foi o que apresentou menores valores de *yield*, porém com diferenças desprezíveis em relação aos sistemas B e C. Em relação ao PR, atingiu valores idênticos ao sistema B para os quatro bancos de dados. Este fato vem reforçar que os sistemas FV podem operar com alto desempenho, mesmo quando não instalados de maneira ideal (27°N para o caso de Florianópolis), desde que tenham sido bem projetados eletricamente.

Comparando-se os quatro bancos de dados, o INPE foi o que forneceu dados de irradiação mais elevados e o Meteonorm, dados mais baixos.

4.3. Comparação entre geração FV estimada e geração FV real

A Figura 4 apresenta os dados de geração de energia produzida pela cobertura do Bloco A e os dados de energia FV estimada por simulação utilizando os quatro bancos de dados analisados para o Sistema A. Esta análise contempla apenas o Sistema A por este ser o único já conectado à rede elétrica com injeção de energia na rede. Os valores estão apresentados a partir do mês de julho de 2016, quando a energia FV gerada no Centro de Pesquisa começou a ser injetada na rede, até a data de conclusão deste artigo.

Dentro do período analisado, a média de geração FV real foi de 7.951 kWh/mês. Quanto à estimativa de geração FV simulada, dos bancos de dados analisados o que melhor se aproximou da geração energética real foi o do INPE, com média de 7.851kWh/mês (diferença de -1%), seguido pelo NREL (7.756kWh/mês, -2%), NASA (7.677kWh/mês, -3%) e, por fim, Meteonorm (7.512 kWh/mês, -6%).

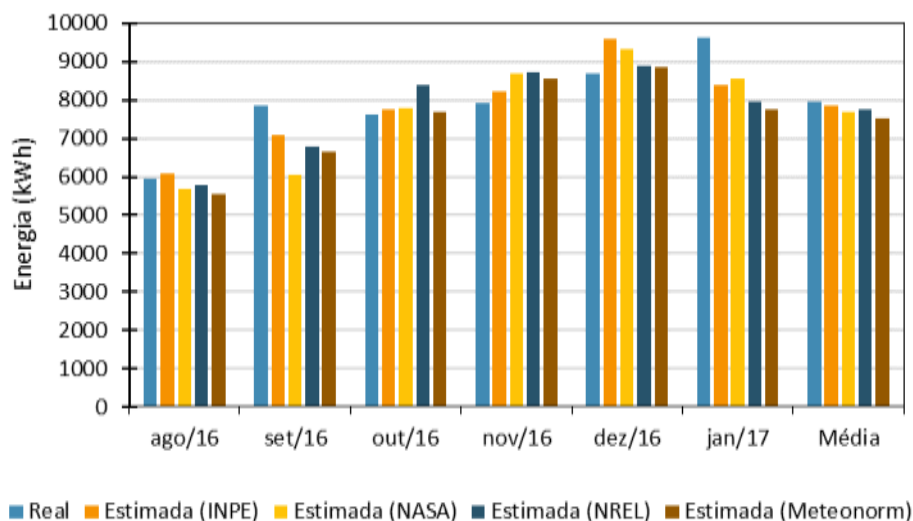


Figura 4 – Geração FV real e geração FV estimada por simulação no *software* PVSystem.

Pode-se perceber que houve variação entre os valores estimados e os valores reais medidos de até 6% na base anual (Meteonorm), sendo que na base mensal este percentual foi até maior (setembro e janeiro, por exemplo). Pode-se concluir que os meses de setembro de 2016 e de janeiro de 2017 apresentaram valores de irradiação mais elevados do que a média computada pelos anos analisados em cada banco de dados utilizado nas estimativas. Esta diferença é esperada, visto que a variabilidade de irradiação interanual para a cidade de Florianópolis é, em média, de 10%, o que representa, por exemplo, que a irradiação mensal medida em qualquer mês do ano pode variar cerca de 10% para a irradiação solar medida no mesmo mês do ano seguinte (NASCIMENTO;2013).

4.4. Compensação de energia

A Figura 5 apresenta o balanço energético do Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC a partir do mês em que a energia de parte dos sistemas FV instalados foi ligada na rede elétrica até a data de conclusão deste artigo. As colunas positivas representam a energia FV real gerada e as colunas negativas representam o consumo de energia do edifício. A diferença entre a energia gerada e a energia consumida é representada pelo pelos pontos pretos; e os valores positivos dos mesmos representam a energia excedente que é injetada na rede elétrica a cada mês.

Dentro do período analisado, a média de geração FV real do edifício foi de 7.951 kWh/mês e a média de energia consumida foi de 1.316 kWh/mês. Em consequência, em média, 6.635 kWh (85% da energia total) tem sido injetado mensalmente pelo Centro de Pesquisa na rede elétrica pública.

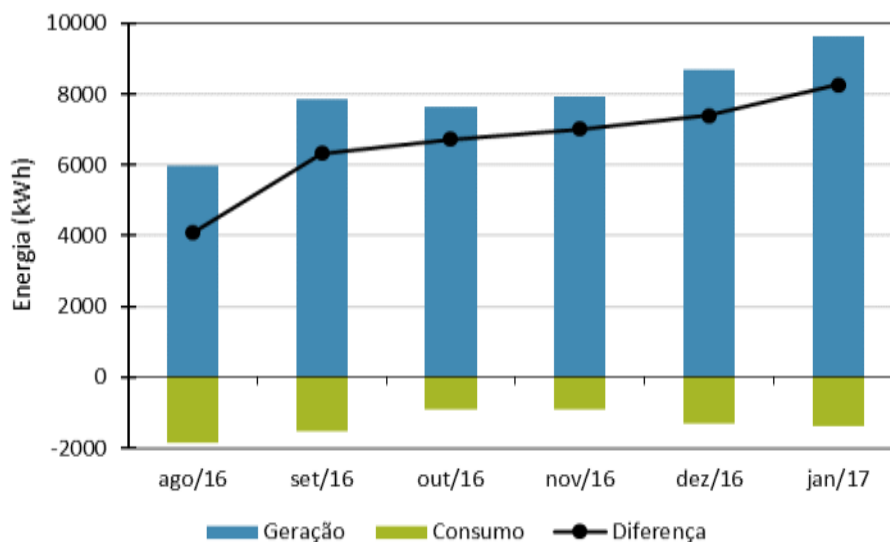


Figura 5 – Balanço energético do Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC até a data de conclusão deste artigo.

Como esta análise baseou-se apenas na geração FV do Sistema A, porém com o consumo energético do Centro de Pesquisa como um todo, assim que os demais sistemas começarem a injetar energia na rede, o excedente será ainda maior. Extrapolando-se os dados de consumo para um ano, pode-se dizer que 13% da energia gerada seria suficiente para suprir todo seu consumo e 87% seria injetado na rede. De acordo com a Regulamentação 687 da ANEEL, por se tratar de uma edificação da Universidade Federal de Santa Catarina, esta energia poderá ser utilizada, em forma de créditos, no campus localizado no bairro Trindade, por exemplo.

5. CONCLUSÕES

O objetivo central deste artigo foi comparar a expectativa de geração FV dos sistemas integrados ao Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC (Florianópolis – SC) com a geração energética dos sistemas que já estão operando, quantificar a fração de contribuição da energia gerada para o consumo atual para, então, analisar a compensação de energia regulamentada pela ANEEL. A expectativa de geração foi calculada baseada em quatro diferentes bancos de dados a fim de comparar os resultados obtidos com a geração fotovoltaica real. O banco de dados do INPE foi o que proporcionou resultados mais próximos aos valores de geração reais, com diferença de apenas -1%. Com 94,38 kWp de potência total instalada, as simulações estimaram uma geração anual de aproximadamente 120 MWh/ano. A demanda da edificação é atendida com apenas 13% da energia gerada, portanto, através do sistema de compensação de energia regulamentado pela ANEEL, o Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da UFSC pode injetar 87% de sua energia na rede e esta pode ser utilizada por outras unidades consumidoras da mesma Universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. **Resolução Normativa nº 687, de 1 de março de 2015**. A. N. D. E. Elétrica. 687 2015.
- ATTIA, S.; HERDE, A. D. Sizing Photovoltaic Systems during Early Design: A Decision Tool for Architects. In: 39th American Solar Energy Society (ASES) National Solar Conference (SOLAR), 2010. **Anais**. Phoenix, Arizona, 2010.v.p.
- BAHAJ, A. S.; JAMES, P. A. B. Urban energy generation: The added value of photovoltaics in social housing. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. Issue 9, v.11, p.2121-2136, 2007.
- BAZILIAN, M. D.; LEENDERS, F.; VAN DER REE, B. G. C.; PRASAD, D. Photovoltaic cogeneration in the built environment. **Solar Energy**. Issue 1, v.71, p.57-69, 2001.
- BIG. **Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acessado em 05/03/2017
- CHIVELET, N. M. **Técnicas de Vedação Fotovoltaica na Arquitetura**: Bookman. Porto Alegre, 2010.
- COSTA, M. **Aneel quer repetir sucesso das eólicas com energia solar**. Disponível em <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/08/1673822-aneel-quer-repetir-sucesso-das-eolicas-com-energia-solar.shtml>> Acessado em 14/10/2015
- EPE, E. D. P. E. **Balanco Energético Nacional 2016: Ano Base 2015**: Empresa de Pesquisa Energética. EPE. Rio de Janeiro, 2016.
- FRONTINI, F.; MANFREN, M.; TAGLIABUE, L. C. A Case Study of Solar Technologies Adoption: Criteria for BIPV Integration in Sensitive Built Environment. **Energy Procedia**. v.30, p.1006-1015, 2012.
- MARTINS, F. R.; RÜTHER, R.; PEREIRA, E. B.; ABREU, S. L. Solar energy scenarios in Brazil. Part two: Photovoltaics applications. **Energy Policy**. Issue 8, v.36, p.2865-2877, 2008.
- NASCIMENTO, L. R. D. **A avaliação de longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectado à rede elétrica pública**. (Dissertação). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013. 103 p.
- PVSYST.Near Shadings: tutorial 6 Switzerland,2013
- ROPP, M. E.; BEGOVIC, M.; ROHATGI, A.; LONG, R. Design Considerations for Large Roof-integrated Photovoltaic Arrays. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**. Issue 1, v.5, p.55-67, 1997.
- RÜTHER, R.; ZILLES, R. Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. **Energy Policy**. Issue 3, v.39, p.1027-1030, 2011.
- SCOGNAMIGLIO, A.; GARDE, F. Photovoltaics' architectural and landscape design options for Net Zero Energy Buildings, towards Net Zero Energy Communities: spatial features and outdoor thermal comfort related considerations. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**. v.Early View, 2014.
- SCOGNAMIGLIO, A.; RØSTVIK, H. N. Photovoltaics and zero energy buildings: a new opportunity and challenge for design. **Progress in Photovoltaics: Research and Applications**. Issue 6, v.21, p.1319-1336, 2012.