

ANÁLISE COMPARATIVA DE PERFORMANCE ENTRE UM SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO DE UMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR E DE UMA RESIDÊNCIA

Lais Ehlert Martini – laismartini.arq@gmail.com

Charles de Almeida Ferreira – chprojetos.arquitetura@hotmail.com

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Ísis Portolan dos Santos – isisporto@gmail.com

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Construção Civil

Resumo. *Entre as fontes alternativas de energias existentes atualmente, a solar é latente no Brasil. Este potencial é consequência da alta incidência solar e grande extensão territorial, apesar disso, o número de sistemas instalados ainda é inferior a sua capacidade, decorrente dos baixos incentivos aplicados nesta tecnologia. Com isso, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise de desempenho, qualificando a eficiência de um sistema fotovoltaico instalado no Colégio Politécnico da UFSM-RS. O estudo foi dividido em três etapas, inicialmente foram analisados dados de irradiação, geração de energia, rendimento (PR) e produtividade (Yield) do sistema monitorado, por meio do software Fronius Solar Access, durante um período de 32 meses entre 2014 e 2017; na segunda etapa foram comparados os valores de irradiação horizontal mensais (kWh/m²) medidos na cidade de Santa Maria, com o banco de dados NREL, com o intuito de analisar uma correlação entre os dados obtidos. Na terceira etapa foram comparados esses dados com outro sistema fotovoltaico, instalado na Residência Bellinasso, na cidade de Faxinal do Soturno, distante 37,5 km do sistema inicial. Em relação à análise comparativa dos dados medidos em Santa Maria e o banco de dados NREL, conclui-se o banco de dados NREL apresentou valores superestimados de irradiação em relação aos medidos, caracterizando os anos de estudo como atípicos ou superestimado. Ao comparar os dois sistemas fotovoltaicos, constata-se que os dados de rendimento e produtividades possuem valores similares, porém com o decorrer do tempo os dados da Residência Bellinasso ultrapassam os dados do Colégio Politécnico, que no período tabulado decaíram em produtividade e rendimento. Como ambos os sistemas apresentam condições de confiabilidade, por operarem continuamente desde a instalação, supõe-se que essa redução seja consequência da manutenção dos sistemas, visto que, o SFVCR da Residência Bellinasso é frequentemente submetido à limpeza, diferente do Colégio Politécnico.*

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico; Eficiência energética; Performance.

1. INTRODUÇÃO

A partir da Resolução Normativa REN nº482 expedidas pela ANEEL em 17 de abril de 2012, todos os consumidores do Brasil ficaram autorizados a gerar sua própria energia elétrica, criando o Sistema de Compensação de energia elétrica. Neste sistema, os consumidores brasileiros podem injetar o excedente não consumido na rede pública de distribuição, garantindo para o CPF ou CNPJ titular, um crédito a ser utilizado futuramente (ANEEL, 2012). É nesse cenário, que os investimentos em tecnologia fotovoltaica ganham viabilidade, possibilitando aos sistemas de fotogeração um mecanismo possível para retornar seu investimento de implantação. Atualmente a Resolução Normativa REN nº 687, de 24 de novembro de 2015, que legisla essa tecnologia perante o sistema (ANEEL, 2015).

A tecnologia de geração de energia distribuída promove vantagens de instalação para a concessionária e consumidor, pois a produção de energia é diversificada. De acordo com Rütther (2004), os SFVCR é a tipologia ideal de aplicação do sistema fotovoltaico em edificações de comércio e serviço, pois alivia o sistema de distribuição da concessionária elétrica, decorrente da equivalência entre os picos de consumo e geração de energia, que ocorre no período diurno.

Os projetos de edificações integradas a tecnologia fotovoltaica devem levar em consideração diversos critérios, que se inter-relacionam para cumprir com êxito a proposta do sistema. Entre os parâmetros relevantes, alguns exemplos são: a radiação solar local, a latitude, o uso da edificação, o entorno de implantação e a tecnologia fotovoltaica instalada. Esses fatores resultam na geração fotovoltaica e podem resultar no sucesso ou fracasso do sistema implantado. (CHIVELET; SOLLA, 2010)

Com base nisso, este estudo foi dividido em três etapas. Em um primeiro momento, foi elaborada a análise e tratamento dos dados coletados pelo monitoramento do sistema do Colégio Politécnico, no período de 32 meses (setembro de 2014 até abril de 2017), definindo valores de geração e irradiação mensal, bem como Rendimento (PR) e Produtividade (Yield). Na sequência, foram coletados junto ao banco de dados NREL, os valores de irradiação horizontal mensal de Santa Maria, confrontando com os dados de irradiação horizontal mensal do sistema de monitoramento do Colégio Politécnico da UFSM. E por fim, realizou-se a mesma análise e tratamento dos dados

coletados de um segundo sistema fotovoltaico, implantado na Residência Bellinaso, na cidade de Faxinal do Soturno, gerando uma análise comparativa entre os dois sistemas supracitados.

O Colégio Politécnico está localizado dentro das dependências da Universidade Federal de Santa Maria. Para fins de pesquisa, foi instalado um sistema de módulos fotovoltaicos na cobertura do Bloco E, com orientação de 7° desvio leste e inclinação de 15°, utilizando parte da cobertura existente e afastado 10 cm da cobertura.

O sistema é composto por 14 módulos de silício policristalino (p-Si), com potência total de 3,5 kWp (Fig. 1), e inversor Fronius instalado no térreo desta edificação. Segundo Rütther (2004), a tecnologia deste tipo de módulo é inferior se comparado ao monocristalino, pois ao invés de ser formado por um cristal único, é fundido e solidificado, o que resulta em um bloco de grãos, concentrando um maior número de defeitos e uma menor eficiência.



Figura 1 - Sistema PV de Silício Policristalino do Colégio Politécnico da UFSM.
Fonte: <http://site.ufsm.br/noticias/exibir/energia-que-vem-do-sol>

Esta tecnologia converte a irradiação solar em energia elétrica, por meio dos módulos fotovoltaicos. Essa energia gerada é disponibilizada à rede elétrica convencional para então ser utilizada pelo ponto de consumo mais próximo, ressaltando que o sistema não emite resíduos de funcionamento.

A instalação foi realizada com o intuito de ser utilizada para pesquisa na área de energias alternativas, na análise da irradiação solar em Santa Maria e do comportamento dos módulos fotovoltaicos no clima local.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Analisar a performance dos dois sistemas fotovoltaicos de silício policristalino, um instalado no Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, e outra em uma residência na cidade de Faxinal do Soturno, Rio Grande do Sul, no período de setembro de 2014 a abril de 2017.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar os dados de irradiação, geração de energia, rendimento (PR) e produtividade (Yield) do sistema fotovoltaico instalado no Colégio Politécnico da UFSM, sendo monitorado por meio do *software Fronius Solar Access* durante o período de 32 meses;
- Analisar os dados de irradiação, geração de energia, rendimento (PR) e produtividade (Yield) do sistema fotovoltaico instalado na Residência Bellinaso, localizado em Faxinal do Soturno;
- Comparar os valores de irradiação horizontal mensais medidos na cidade de Santa Maria (setembro 2014 a abril 2017) com o banco de dados NREL para verificar se as condições encontradas nestes anos são similares aos valores de literatura ou se são anos atípicos;
- Realizar uma análise comparativa dos dados obtidos pelos dois sistemas fotovoltaicos, avaliando a performance do painel fotovoltaico da edificação escolar e da edificação residencial.

3. MÉTODO

O estudo está dividido em três etapas. A primeira consiste na tabulação dos dados monitorados pelo *software Fronius Solar Access*, instalado no sistema fotovoltaico do Colégio Politécnico de Santa Maria. Esse *software* faz o registro dos dados de irradiação e geração solar diariamente, contabilizados a cada cinco minutos. Para realizar a análise do período de 32 meses (setembro de 2014 até abril de 2017), foram calculadas as médias diárias e mensais. O *software* toma dados de potência instantânea a cada cinco minutos assim para possuir o total de energia gerada foi calculada a integral dos valores, transformando em valores de geração horária.

Para que se obtenha a irradiação diária (Eq. 1):

$$E_{diária} = \left[\frac{\sum diária \times 5}{60} \right] \quad (1)$$

E diária = Somatório da energia diária (W/h)

Σ = Somatório dos dados do dia (W)

Posteriormente, realizou-se o somatório mensal (W), que foi convertido em kW (Σ mensal/1000). Por meio desse procedimento pode-se chegar a um resultado de irradiação e geração total mensal durante o período abordado. Com o resultado desses dados, calculou-se o rendimento (PR) (Eq. 2), a produtividade (Yield) (Eq. 3) e a energia estimada (Eq. 4) do sistema fotovoltaico:

$$PR = \left[\frac{E_{real}}{P_m \times Irr} \right] \quad (2)$$

PR = Rendimento do sistema (%)

E real = Energia Gerada (W)

Pm = Potência do sistema (Wp)

Irr = Irradiação medida no local (W)

$$Y = \left[\frac{E_{gerada}}{P} \right] \quad (3)$$

Y = Produtividade ou Yield anual (adimensional)

E gerada = Energia produzida pelo sistema (kWp)

P = Potência do sistema (3,50 kWp)

$$Ee = P \times Irr \quad (4)$$

Ee = Energia estimada (kWh)

P = Potência do sistema (3,50 kWp)

Irr = Irradiação medida no local (W)

Na segunda etapa, os valores de irradiação horizontal mensal do banco de dados NREL (*National Renewable Energy Laboratory, USA*) na Base SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*) foram comparados com os valores de irradiação mensal medidos para cidade de Santa Maria, para 32 meses (setembro de 2014 a abril de 2017). Essa comparação foi realizada para avaliar se esses dados possuem alguma correlação no período estudado, constatando se os anos de estudo se caracterizam como ano típico ou não. Os dados do NREL são usados como base para os cálculos quando não há piranômetro na cobertura do edifício para medição da irradiação. Sendo necessário salientar, que os dados medidos sofrem influência do entorno (edificação, vegetação, etc.), enquanto os dados do NREL consideram horizonte livre.

Na terceira etapa realizaram-se os mesmos procedimentos da primeira etapa, mas fazendo a substituição dos valores de geração de energia levantados no Colégio Politécnico pelos coletados na Residência Bellinaso em Faxinal do Soturno. Foram utilizados os mesmos dados de irradiação da cidade de Santa Maria, pois o sistema da Residência Bellinaso não possui sensores de medição de radiação. A cidade de Faxinal do Soturno está localizada a 37,5 km em linha reta da localização do sistema do Colégio Politécnico. Com ambos os dados, realizou-se uma análise comparativa da performance e do desempenho dos dois sistemas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da performance do sistema fotovoltaico: Colégio Politécnico UFSM

O SFVCR instalado no Colégio Politécnico tem as seguintes características: tecnologia P-si, desvio azimutal de 7°, inclinação de 15° e potência instalada de 3,5 kWp. Os dados diários de geração de energia e de irradiação foram trabalhados conforme a metodologia. Posteriormente foram calculados o Y - Yield (Produtividade) e o PR - Performance Ratio (Rendimento), sendo que a última coluna é a energia que seria gerada pelas previsões no NREL e dados do *Software Radasol* (Tab. 1).

Tabela 1 - Dados de Geração, Irradiação, Produtividade e Rendimento do Sistema PV do Colégio Politécnico

Ano	Mês	Geração Mensal POL (KWh)	Irradiação Mensal POL (KWh/m ²)	Yield POL (Adimensional)	Rendimento POL (PR %)	Geração Estimada POL (kWh)
2014	Setembro	355.82	108.30	101.66	0.94	456.88
	Outubro	443.53	139.03	126.72	0.91	517.88
	Novembro	544.33	175.17	155.52	0.89	544.03
	Dezembro	492.54	157.68	140.73	0.89	540.83
2015	Janeiro	499.00	171.53	142.57	0.83	557.69
	Fevereiro	472.58	165.86	135.02	0.81	544.29
	Marco	472.36	169.18	134.96	0.80	533.79
	Abril	420.04	150.36	120.01	0.80	431.00
	Maio	294.08	104.21	84.02	0.81	401.16
	Junho	263.83	93.87	75.38	0.80	344.29
	Julho	219.93	77.30	62.84	0.81	372.60
	Agosto	323.78	116.60	92.51	0.79	395.89
	Setembro	358.46	128.05	102.42	0.80	456.88
	Outubro	345.93	123.50	98.84	0.80	517.88
	Novembro	390.28	138.90	111.51	0.80	544.03
	Dezembro	377.37	137.09	107.82	0.79	540.83
2016	Janeiro	490.68	182.99	140.19	0.77	557.69
	Fevereiro	441.82	169.26	126.23	0.75	544.29
	Marco	371.95	142.91	106.27	0.74	533.79
	Abril	255.48	96.67	72.99	0.76	431.00
	Maio	222.52	84.05	63.58	0.76	401.16
	Junho	256.66	96.42	73.33	0.76	344.29
	Julho	281.76	105.76	80.50	0.76	372.60
	Agosto	327.62	124.18	93.61	0.75	395.89
	Setembro	411.55	156.44	117.59	0.75	456.88
	Outubro	384.22	146.51	109.78	0.75	517.88
	Novembro	473.51	182.90	135.29	0.74	544.03
	Dezembro	456.45	177.28	130.41	0.74	540.83
2017	Janeiro	442.49	173.00	126.42	0.73	557.69
	Fevereiro	386.81	153.54	110.52	0.72	544.29
	Marco	426.54	168.34	121.87	0.72	533.79
	Abril	320.86	126.55	91.67	0.72	431.00

No período analisado, nota-se que o rendimento é de 90% nos dois primeiros meses, setembro e outubro de 2014, isso pode ser resultado da estabilização do material, que eventualmente é vendido com potência superior a nominal pois comumente sofre uma degradação inicial. Após este período, observou-se que no primeiro ano o sistema diminuiu 14% sua eficiência, seguido por uma perda de 5% de eficiência no segundo ano, e finalizando com uma perda de 3% de eficiência no sistema durante o período analisado no terceiro ano, equivalente a sete meses (Fig. 2a).

A geração mensal varia com as estações do ano, influência direta da radiação solar que se altera com as mudanças do clima e principalmente com a posição solar que altera os níveis de radiação disponível, sendo o tempo de exposição do equipamento nos meses de inverno. Verifica-se dados com valores mais baixos, entre os meses de maio a julho, que coincide com o outono e o inverno da região sul do Brasil (Fig. 2b).

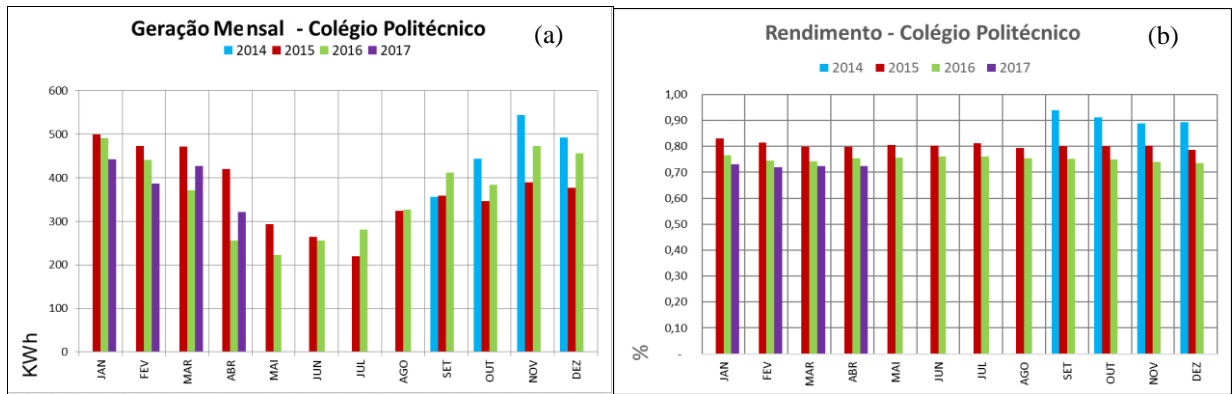


Figura 2- a. Dados da Geração Mensal do Colégio Politécnico de Santa Maria
b. Dados de Rendimento do Colégio Politécnico de Santa Maria.

A irradiação e a geração mensal são diretamente proporcionais, sendo que maior irradiação solar recebida resulta em uma maior geração de energia (Fig. 3a). A produtividade do sistema (Yield), mantém-se com recessão nos meses do inverno, que acompanha as variações da irradiação, tendo seus picos nos meses de primavera e verão, quando os dias são mais longos e a radiação solar mais intensa, assim a irradiação atinge valores mais altos em consequência da posição do sol ser mais próxima ao ângulo normal do módulo (Fig. 3a e 3b).

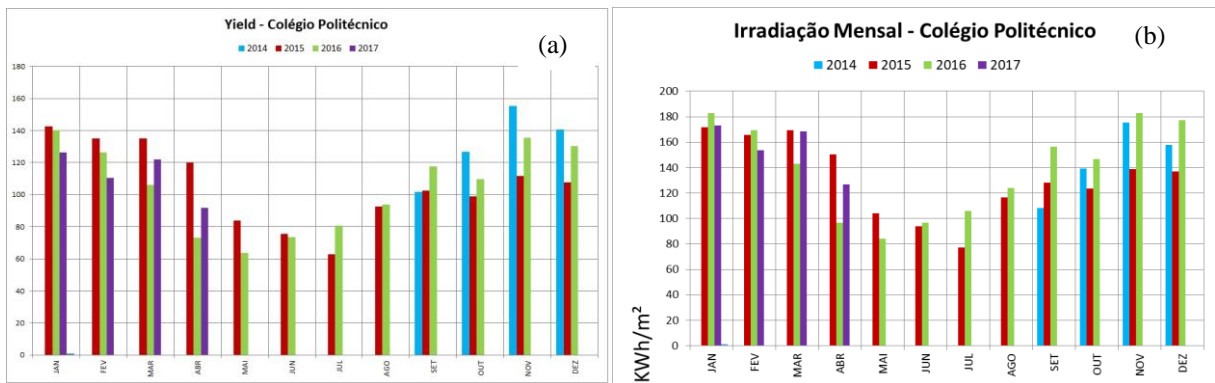


Figura 3 – a. Dados da Produtividade (Yield), SFVCR do Colégio Politécnico
b. Irradiação medida em Santa Maria, SFVCR do Colégio Politécnico

A energia estimada (irradiação x potência do sistema) em todos os períodos se mantém acima da geração mensal. A diferença entre elas se intensifica conforme o tempo, o que reafirma a diminuição do rendimento do sistema (Fig. 4a e 4b).

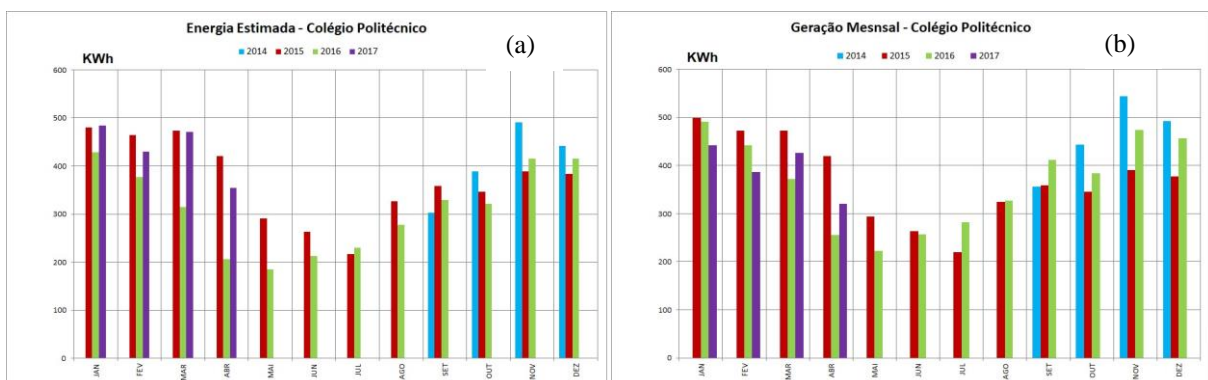


Figura 4 – a. Energia Estimada do Colégio Politécnico
b. Geração mensal do Colégio Politécnico

4.2 Banco de dados - NREL x Dados medidos - Santa Maria

Para a simulação do desempenho de um sistema fotovoltaico é necessário o conhecimento da irradiação solar disponível na localidade de estudo. A fim de verificar se os bancos de dados apresentam valores semelhantes aos que foram medidos, foi realizado uma comparação do banco de dados NREL (*National Renewable Energy Laboratory, USA*), do Projeto SWERA, com os valores mensais de irradiação medidos na cidade de Santa Maria para o período de 32 meses, setembro de 2014 a abril de 2017.

Segundo Martins et al. (2004), o uso de satélites geoestacionários permite a aplicação de modelos aproximados para o cálculo da transferência radiativa do sol, que permite estimativas razoáveis da irradiação solar global incidente na superfície. Foram comparados os valores estimados pelos modelos adotados do Projeto SWERA com os valores medidos em Santa Maria (tab. 2).

Tabela 2 - Dados comparativos da irradiação registrada no Banco de dados NREL com os Dados medidos realmente em Santa Maria

	Irradiação Medida (kWh/m ²) - Santa Maria				NREL(kW)
	2014	2015	2016	2017	
Janeiro	-	5,72	5,10	5,77	6,6392
Fevereiro	-	5,53	4,49	5,12	6,4797
Março	-	5,64	3,74	5,61	6,3547
Abril	-	5,01	2,45	4,22	5,131
Mai	-	3,47	2,20	-	4,7757
Junho	-	3,13	2,53	-	4,0987
Julho	-	2,58	2,73	-	4,4357
Agosto	-	3,89	3,31	-	4,713
Setembro	3,61	4,27	3,92	-	5,439
Outubro	4,63	4,12	3,82	-	6,1652
Novembro	5,84	4,63	4,94	-	6,4765
Dezembro	5,26	4,57	4,94	-	6,4385

Diversos modelos computacionais foram desenvolvidos para a obtenção de estimativas de radiação solar incidente na superfície. A maior dificuldade para aplicação dos modelos físicos é a obtenção dos parâmetros atmosféricos com a precisão e confiabilidade desejada, por isso é possível constatar com a análise mensal, que os anos que mais se aproximam do banco de dados são os de 2014 e 2015, porém inferiores, cerca de 25% do estimado pelo banco de dados.

Pode-se observar que os valores do banco de dados NREL apresentou valores superestimados em relação aos valores médios medidos para o período em questão (Fig. 5a). De janeiro a junho obteve-se valores mais próximos no ano de 2015, em destaque o mês de abril que se apresentou-se somente 3% superior aos dados medidos. A maior diferença foi apontada no mês de julho, sendo 39% superior, que se manteve o mais próximo ao período de 32 meses. Com isso, percebe-se uma tendência similar de irradiação solar no período estudado, porém com os valores superestimados comparados ao banco de dados do NREL (Fig. 5b).

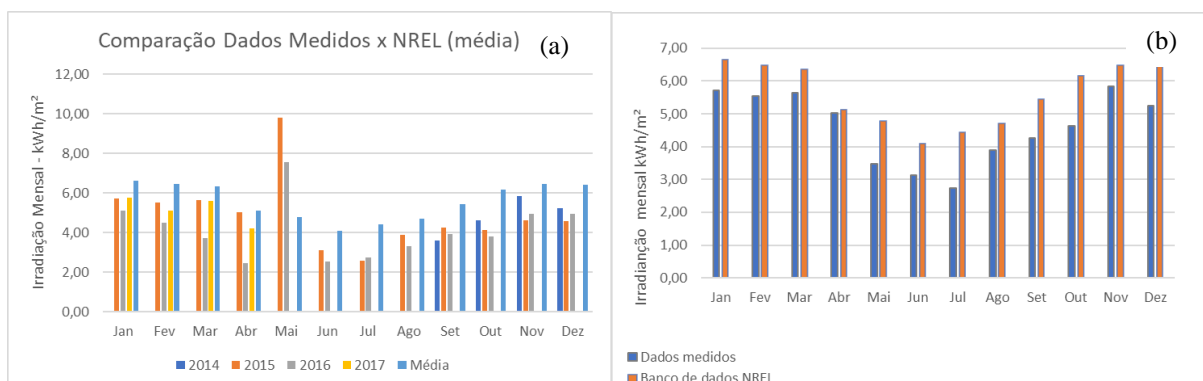


Figura 5 – a. Dados reais SM x NREL

b. Demonstrativo de tendência similar de irradiação solar em relação aos dados medidos em Santa Maria e o Banco de Dados NREL

4.3 Análise de performance do sistema fotovoltaico: Colégio Politécnico - UFSM x Residência Bellinaso - Faxinal do Soturno

A residência Bellinaso em Faxinal do Soturno possui um sistema que é composto de 10 módulos fotovoltaicos de silício policristalino, de 235 Wp, totalizando 2,35 kWp de potência (Fig. 6). O fabricante é SunEarth e o inversor é o Eltek Theia 2.0 He-t. O sistema é voltado para o noroeste (azimute 60°L) com inclinação de 15°.



Figura 6 - Sistema PV de Silício Policristalino da Residência Bellinaso. Fonte: Lucas Bellinaso.

Para analisar a atividade do sistema durante o período de estudo, foram compilados os dados de geração mensal, irradiação, Yield, rendimento e energia estimada do sistema (Tab. 3).

Tabela 3 - Dados de Geração, Irradiação, Produtividade e Rendimento do Sistema PV da Residência Bellinaso

Ano	Mês	Geração Mensal BEL (kWh)	Irradiação Mensal BEL (kWh/m ²)	Yield BEL (Adimensional)	Rendimento BEL (PR %)	Energia Estimada BEL (kWh)
2014	Setembro	212,7	108,30	90,51	0,84	306,76
	Outubro	285,2	139,03	121,36	0,87	347,72
	Novembro	347,7	175,17	147,96	0,84	365,27
	Dezembro	317	157,68	134,89	0,86	363,13
2015	Janeiro	315,1	171,53	134,09	0,78	374,45
	Fevereiro	309,1	165,86	131,53	0,79	365,46
	Março	302,7	169,18	128,81	0,76	358,41
	Abril	260,2	150,36	110,72	0,74	289,39
	Maio	184,5	104,21	78,51	0,75	269,35
	Junho	149,7	93,87	63,70	0,68	231,17
	Julho	128,5	77,30	54,68	0,71	250,17
	Agosto	213	116,60	90,64	0,78	265,81
	Setembro	234,6	128,05	99,83	0,78	306,76
	Outubro	235,2	123,50	100,09	0,81	347,72
	Novembro	263,2	138,90	112,00	0,81	365,27
	Dezembro	259,46	137,09	110,41	0,81	363,13
2016	Janeiro	322,4	182,99	137,19	0,75	374,45
	Fevereiro	300,9	169,26	128,04	0,76	365,46
	Março	249,1	142,91	106,00	0,74	358,41
	Abril	172	96,67	73,19	0,76	289,39
	Maio	149,9	84,05	63,79	0,76	269,35
	Junho	165,3	96,42	70,34	0,73	231,17
	Julho	186,2	105,76	79,23	0,75	250,17
	Agosto	222,2	124,18	94,55	0,76	265,81
	Setembro	277,7	156,44	118,17	0,76	306,76
	Outubro	272,6	146,51	116,00	0,79	347,72
	Novembro	326,5	182,90	138,94	0,76	365,27
	Dezembro	325	177,28	138,30	0,78	363,13

2017	Janeiro	304,7	173,00	129,66	0,75	374,45
	Fevereiro	258,3	153,54	109,91	0,72	365,46
	Março	289	168,34	122,98	0,73	358,41
	Abril	209,2	126,55	89,02	0,70	289,39

A geração mensal deste equipamento também tem sua menor produção nos meses de maio, sendo seus picos de energia entre novembro e janeiro. No período analisado o sistema gerou um total de 8.048,86 kWh e alcançou uma média mensal de 251,53 kWh neste período.

A irradiação foi considerada a mesma de Santa Maria, como informado anteriormente. A média da irradiação recebida pelos dois sistemas foi de 138,85 kWh. A geração mensal se manteve muito abaixo da expectativa, em especial nos meses de maior irradiação, que seria no final da primavera e durante o verão (fig. 7a e 7b).

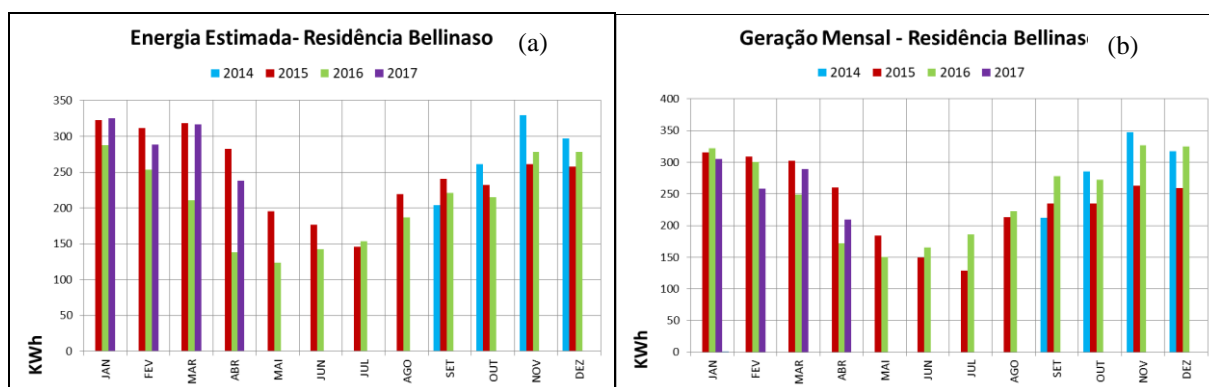


Figura 7 – a. Energia Estimada da Residência Bellinaso
b. Geração mensal da Residência Bellinaso

A produtividade reproduz a curva esperada nesta latitude. A média do Yield foi de 107,3 enquanto que a média do Politécnico foi de 109,15 (Fig. 8a). O rendimento do sistema foi 77%, enquanto que no politécnico foi de 79% (Fig. 8b).

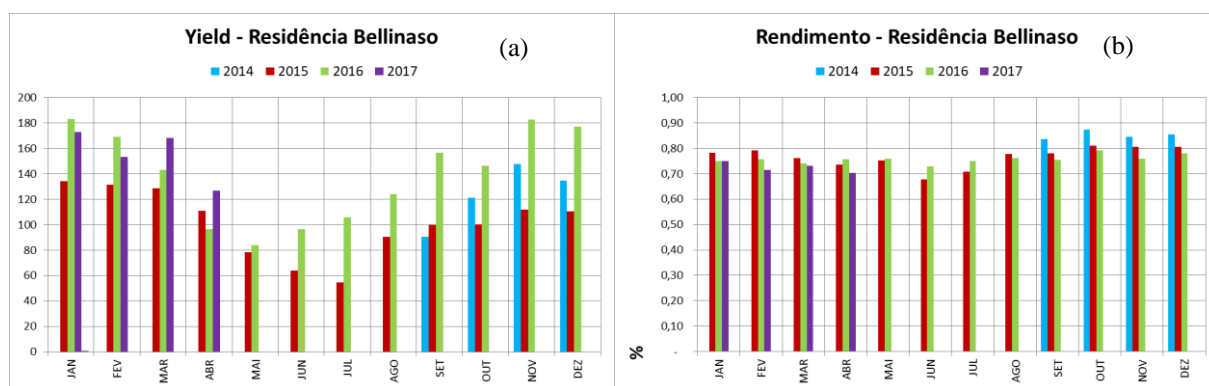


Figura 8 – a. Produtividade da Residência Bellinaso
b. Rendimento da Residência Bellinaso

Compara-se os dois sistemas em três gráficos de geração mensal, de rendimento e de produtividade (Yield). Esses gráficos demonstram que nas três avaliações o sistema do colégio Politécnico resulta em valores similares à irradiação. A geração de energia do sistema locado na Residência Bellinaso é menor que o do Politécnico, o que pode ser justificado pela orientação da Residência Bellinaso ser menos favorável, visto que, está com azimute 60° L. Mesmo com essa desvantagem, a produtividade e o rendimento são similares ao Colégio Politécnico, visto que os resultados atestaram curvas muito próximas. Com o decorrer do tempo, observa-se que a Produtividade e o Rendimento da Residência Bellinaso tem menor queda que a do sistema do Colégio Politécnico, visto as desvantagens que possui, introduz uma melhor resposta à geração de energia ao comparar-se com o sistema do Colégio Politécnico (Fig. 9a, 9b e 9c).

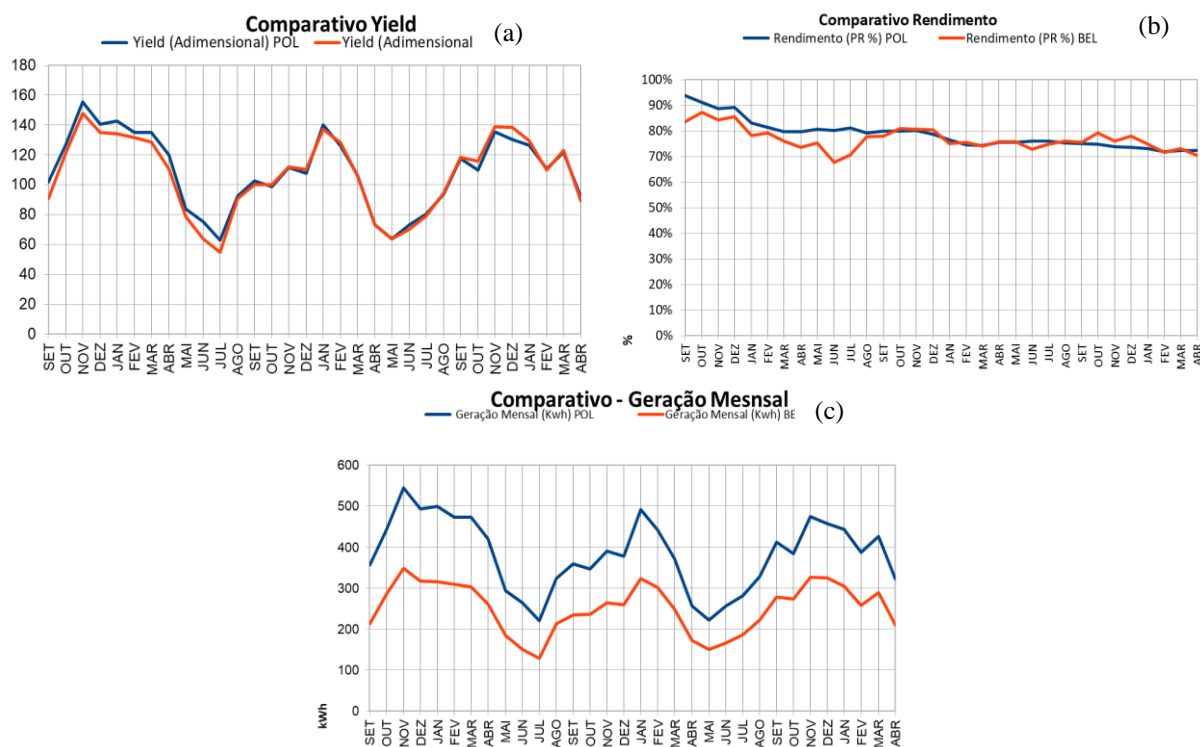


Figura 9 - a. Produtividade da Residência Bellinasso x Colégio Politécnico
 b. Rendimento da Residência Bellinasso x Colégio Politécnico
 c. Geração de energia da Residência Bellinasso x Colégio Politécnico

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou a análise do SFVCR do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria e conclui-se que o rendimento do sistema está com decréscimo de 5% ao ano, sendo que o declínio dos módulos fotovoltaicos de c-Si esperado é entre 0,5% e 1,00% por ano (PINHO; GALDINO, 2014).

Quanto a análise comparativa entre o banco de dados NREL e os dados medidos em Santa Maria, conclui-se que os valores avaliados seguem a mesma linha de tendência numérica, porém o banco de dados NREL apresentou valores superestimados em relação aos medidos. Demonstrando que o mês de abril apresentou valores mais similares, e o mês de julho com maiores diferenças entre si. O que pode demonstrar que os anos estudados foram atípicos ou que o banco de dados está superestimado.

Ao comparar o SFVCR do Colégio Politécnico com o SFVCR da Residência Bellinasso, observa-se que o rendimento e a produtividade são muito próximos e que com o decorrer do tempo a residência começa a apresentar melhor performance que o colégio, mostrando que o SFVCR do Colégio Politécnico tem decaído mais significativamente em produtividade e rendimento. Embora apresente condições de confiabilidade já que opera continuamente, sem interrupções desde sua instalação, apresenta uma redução da transformação de energia. A geração de energia elétrica aproxima-se da energia estimada, embora mais baixa, que pode ser consequência do estado de limpeza dos módulos fotovoltaicos.

Entende-se que deva ser realizada uma investigação mais aprofundada nas condições de limpeza e conservação do equipamento, pois a instalação e orientação são adequadas, porém, a produtividade e o rendimento podem estar com baixo desempenho por falta de manutenção ou limpeza.

Agradecimentos

Agradecemos ao Professor Bellinasso pela disponibilidade em ceder a compilação dos dados de geração do sistema fotovoltaico da Residência Bellinasso, para que pudéssemos desenvolver este trabalho. Agradecemos também o Professor Marcelo Milbradt por possibilitar o acesso aos dados de irradiação e geração do sistema fotovoltaico do Colégio Politécnico de Santa Maria, por meio do software Fronius Solar Acess. E também ao colega Andrei Siluk pelo auxílio com a organização dos dados.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa REN nº 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>> Acesso em: 22 de junho de 2017.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa REN nº 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>> Acesso em: 22 de junho de 2017.
- CHIVELET, N. M.; SOLLA, I. F. **Técnicas de Vedação Fotovoltaica na Arquitetura**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2010.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 4ª Edição ed. Rio de Janeiro, RJ: Ce, Cepel - Cresesb, 2014.
- FRONIUS SOLAR.ACCESS, Fronius do Brasil Comércio Indústria e Serviços Ltda. Diadema/São Paulo: 2004. Disponível em: <<http://www.fronius.com.br>>. Acesso em: 30 abril de 2017.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ECHER, M. P. de S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geostacionário – o Projeto Swera. ver. Bras. Ensino Fís. vol.26 no.2 São Paulo 2004
- NREL. National Renewable Energy Laboratory, USA. Disponível em: <<https://maps.nrel.gov/swera>>. Acesso em: 14 de junho de 2017.
- RUTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis, SC: Labsolar, 2004, 118 p.

PERFORMANCE OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM INTEGRATED TO A BUILDING: A COMPARATIVE ANALYSIS

Abstract: *Surrounded by the alternative energy currently available, solar is prominent. Brazil has a great potential for energy generation, because it has a solar incidence in all parts of the country. Despite the fact that the number of installed technologies is still below to the capacity, one reason being the consequence of the low incentives of this technology. Herewith, the objective of this study it is to do a performance analysis, qualifying the efficiency of a photovoltaic system installed next to the Polytechnic College of UFSM. . The study was divide in three stages; initially the irradiance, power generation, yield (PR) and productivity (Yield) data of the monitored system were analyze, using the software Fronius Solar. Access, during the 32-month, between the years of 2014 and 2017; in the second stage, these data were compared with another photovoltaic system, installed next to the Bellinaso Residency, in the city of Faxinal of Soturno. The third step was compared the monthly irradiance values (kWh / m²) measured in the city of Santa Maria, with the NREL database, in order to analyze a correlation between the data obtained. When comparing the two photovoltaic systems, the data on yield and productivity are similar, but over time, the data from the Bellinaso Residence exceeded the data of the Polytechnic College, which in the tabulated period declined in productivity and yield. As both systems present reliability conditions, since they operate continuously from the installation, it is assumed that this reduction is a consequence of the maintenance of the systems, since the SFVCR of the Bellinaso Residence is frequently submitted to cleaning, different from the Polytechnic College. In relation to the comparative analysis of the data measured in Santa Maria and the NREL database, the conclusion is that the NREL database presented values overestimated in relation to the measured ones, characterizing the years of study with atypical.*

Key-words: *Photovoltaic system; Energy efficiency; Performance.*