



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"



Dimensionamento de Sistema de Geração Fotovoltaica *Grid-Tie* e Instalação de Planta de 3 kWp na Usina Ecoelétrica

CARLOS ANTONIO ALVES⁽¹⁾, NICOLAS BERTOLINO FIORAMONTI DOS SANTOS ⁽²⁾ , CELSO SANCHES BERTON⁽³⁾, LUIZ OTAVIO MANHANI MACHADO⁽⁴⁾, JEAN MARCOS DE SOUZA RIBEIRO⁽⁵⁾

¹ Prof. Dr.- Departamento de Engenharia Elétrica – FEIS/UNESP, Ilha Solteira – SP, email: caa@dee.feis.unesp.br

² Acadêmico em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia - Ilha Solteira – SP;

³ Acadêmico em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia - Ilha Solteira – SP; bolsista PROEX

⁴ Acadêmico em Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia - Ilha Solteira – SP;

⁵ Prof. Dr.- Departamento de Engenharia Elétrica – FEIS/UNESP, Ilha Solteira – SP, email: jean@dee.feis.unesp.br

Eixo 3 - "Novas Tecnologias: Perspectivas e Desafios"

Resumo

Neste trabalho são apresentados os principais tópicos de projeto e dimensionamento geral de sistemas de geração fotovoltaica conectados a rede de energia. É apresentado um estudo de caso real da instalação de um sistema completo de 3 kWp no Laboratório de Energias Renováveis da Unesp Ilha Solteira. O sistema encontra-se funcionando a mais de tres meses ininterruptamente, gerando mais de 1 MWh e tem servido as atividades de ensino de graduação e extensão como na Semana de Engenharia Elétrica e outras atividades de divulgação geral do Universidade.

Palavras Chave: Redes inteligentes, energia renovável, geração fotovoltaica grid-tie

Abstract:

This paper presents the main topics of design and general sizing of photovoltaic generation systems connected to the power grid. A real case study of installing a complete system of 3 kWp on Renewable Energy Laboratory of Unesp Ilha Solteira is displayed. The system is in working more than two months without interruption, generating more than 1 MWh and has served the undergraduate teaching and extension as the electrical engineering week and other general outreach activities of the University.

Keywords: smart grid, renewable energy, photovoltaic generation grid-tie

Introdução

A comunidade mundial e brasileira tem sido sensibilizada e esclarecida dos benefícios oferecidos pelas fontes de energias renováveis em complementação ou substituição das fontes energéticas fósseis e nucleares. Dentro da visão de direcionar esforços nesta área acadêmica e extensionista, o Centro de Demonstração de Energias Renováveis "Usina Ecoelétrica" foi criado em 2006 com recursos do CNPq e consolidado como um projeto de extensão financiado pelo PROEX – UNESP.

Na atualidade, diante do quadro geral de aumento de preço da energia elétrica e a necessidade de utilização de novas fontes de energia, este laboratório procura apresentar de forma didática e extensionista as alternativas atuais, levando a uma reflexão sobre o uso racional e a difusão das novas tecnologias.

Além do preço da energia elétrica, que tem sofrido variações crescentes, os sistemas passam por algum risco de escassez em função do nível dos reservatórios de usinas hidroelétricas, fonte esta que representa cerca 70% da matriz energética brasileira (EPE, 2014). Exemplo local desta realidade é o lago



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROJETO DE EXTENSÃO

da UHE Ilha Solteira, que desde junho de 2014 está em nível 0%, gerando energia apenas como usina fio d'água apesar de possuir um reservatório imenso.

A geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos apresenta-se como uma das mais promissoras fontes energéticas renováveis.

No país a energia elétrica gerada a partir da energia solar ainda ocupa um valor muito pequeno, abaixo de 0,01%, conforme o quadro apresentado na Tabela 1.

Empreendimentos em Operação							
Tipo	Capacidade Instalada			Total			
	N.º de Usinas	(kW)	%	N.º de Usinas	(kW)	%	
Hidro	1.130	87.393.410	63,02	1.130	87.393.410	63,02	
Gás	Natural	116	12.535.890	9,04	157	14.303.313	10,32
	Processo	41	1.767.423	1,27			
Petróleo	Óleo Diesel	1.174	3.578.764	2,58	1.207	7.662.377	5,53
	Óleo Residual	33	4.083.613	2,94			
Biomassa	Bagaço de Cana	383	9.667.771	6,97	484	11.991.718	8,65
	Licor Negro	17	1.785.022	1,29			
	Madeira	53	437.635	0,32			
	Biogás	22	64.857	0,05			
	Casca de Arroz	9	36.433	0,03			
Nuclear	2	1.990.000	1,44	2	1.990.000	1,44	
Carvão Mineral	13	3.389.465	2,44	13	3.389.465	2,44	
Eólica	177	3.751.933	2,71	177	3.751.933	2,71	
Fotovoltaica	164	11.287	0	164	11.287	0	
Importação	Paraguai	5.650.000	5,46		8.170.000	5,89	
	Argentina	2.250.000	2,17				
	Venezuela	200.000	0,19				
	Uruguai	70.000	0,07				
	Total	3.336.138.667,853	100				3.336.138.667,853

Tabela 1 – Matriz de Energia Elétrica do Brasil – Dez / 2014 - EPE 2014

Este quadro se deve por diversas razões. Uma das principais é o preço desta tecnologia, que tornam a geração fotovoltaica ainda economicamente pouco vantajosa, com tempo de retorno do investimento ainda muito dilatado. O investimento total em equipamento para suprir a demanda de uma unidade residencial típica, pode atingir custo total de até R\$15.000,00, fora de viabilidade financeira da grande maioria da população. Com o incentivo estratégico governamental e economia de escala com a sua popularização, este quadro tende a mudar significativamente.

Adicionalmente, a geração fotovoltaica aparece como uma alternativa que simboliza a mudança de conceito, onde o consumidor de energia elétrica residencial pode produzir sua própria energia localmente de uma fonte perene, o Sol (Almeida, 2012).

A geração de energia elétrica local, conhecida como geração distribuída, chegou a ser regra na primeira metade do século passado quando a

energia utilizada nas indústrias era praticamente toda gerada localmente. A partir da década de 40, no entanto, a geração em usinas de grande porte ficou mais atrativa e o sistema diminuiu consideravelmente, restando apenas opções de backup para sistemas de segurança e em locais onde fosse necessário manter a continuidade de serviços, como hospitais, grandes áreas comerciais, baseado em sistema gerador a diesel (Di Souza, 2012).

Na atualidade a micro ou minigeração distribuída é utilizada para designar a geração elétrica realizada junto ou próximo dos consumidores independente da potência, tecnologia ou fonte de energia é e também o fundamento para o desenvolvimento deste trabalho. O mercado nacional de mini e microgeração distribuída de energia elétrica tem sua regulamentação baseada na Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012. Nela, foi introduzida o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, que permite a geração de créditos provindo da produção de energia elétrica a partir de uma fonte de energia renovável, para posterior abatimento no consumo de energia utilizado pela edificação, seja ela de cunho comercial, residencial ou industrial, sendo a rede elétrica de distribuição considerada uma "bateria", que armazena o excedente da geração nas horas de maior insolação.

Uma vez regulamentada, as diversas áreas da engenharia podem explorar este filão de mercado potencialmente elevado e, dentro dos objetivos de ensino e extensão, a implantação, divulgação e desenvolvimento locais de sistemas deste tipo, bem como a capacitação de futuros profissionais na área.

Objetivos

Apresentar a tecnologia e metodologia de projeto de um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaico conectado a rede de distribuição de energia, estruturando-o como laboratório didático e centro de visitação extensionista para desenvolvimento tecnológico, educacional e cultural destas fontes renováveis de energia elétrica.

Material e Métodos

São descritos a seguir os equipamentos que foram instalados na Usina Ecoelétrica, metodologia de dimensionamento, construção e instalação (Santos, 2015). Na Figura 1 é apresentado o esquema geral dos sistemas de geração distribuída.

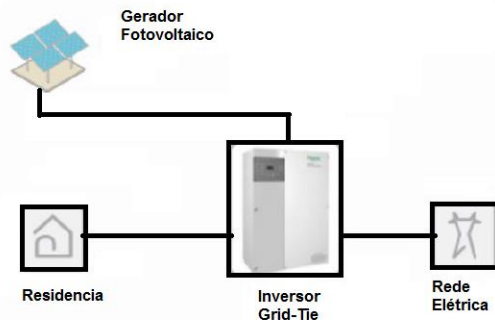


Figura 1 – Sistema de geração fotovoltaica distribuída conectada na rede

Nesta figura destaca-se a presença de um sistema de painéis fotovoltaicos, responsáveis pela conversão de energia solar em tensão contínua. A energia gerada dependerá da radiação global local, insolação diária local, eficiência dos painéis fotovoltaicos, posição em relação ao sol (angulação em relação ao solo e ao norte geográfico), etc.

O outro equipamento essencial para o funcionamento do sistema é o inversor, responsável por conectar e injetar a energia gerada na rede de energia elétrica. Este dispositivo faz o condicionamento de potência e converte a corrente contínua, gerada pelo arranjo fotovoltaico, em corrente alternada; realiza o registro operacional, guardando e transmitindo dados de seu funcionamento através de displays, cartões de memória ou transmissão direta a computador; dispõe de dispositivos de proteção em CC e CA, como proteção contra curtos-circuitos, inversão de polaridade, sobretensões / subtensões, sobrefrequências / subfrequências. Os inversores conectados a rede tem um elevado grau de sofisticação e permitem a injeção de quase toda a potência produzida nos painéis fotovoltaicos na rede, acima de algumas dezenas de Watts.

Posicionamento do Gerador Fotovoltaico

A orientação geográfica e a inclinação dos painéis fotovoltaicos são parâmetros importantes a serem considerados quando não há mecanismo de rastreamento solar, pois os módulos são fixados diretamente à estrutura localizada na superfície do terreno ou no telhado da edificação.

Em geral, para não apresentar perdas relativamente altas devido à orientação, os módulos devem estar orientados em direção à linha do equador. Assim, no hemisfério Sul, a face dos módulos fotovoltaicos deve estar orientada em direção ao Norte Verdadeiro. O ângulo de inclinação deve ser igual à latitude do local onde o sistema será instalado para obter o máximo de energia ao longo do ano. Entretanto, variações desta inclinação

por volta de 10° garantem perdas pequenas, que não influenciarão no total de energia gerada ao longo do ano.

Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Para realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico é necessário conhecer a característica de carga da edificação, levando em consideração o consumo de energia ou, se a edificação não estiver concluída, a estimativa do consumo médio mensal como base para os cálculos (Carneiro, 2009).

As unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo A e B) devem pagar o chamado custo de disponibilidade, independente da sua efetiva utilização. O consumo mínimo depende de cada tipo de ligação (monofásica, bifásica ou trifásica), sendo, respectivamente, 30 kWh, 50 kWh ou 100 kWh.

Outro detalhe é que a potência do sistema de geração deve ser limitado à potência instalada da edificação pela concessionária de energia, pois as características técnicas do padrão de entrada da mesma não serem adequadas para receber um sistema com uma potência maior. Logo, a metodologia visa satisfazer tanto o caráter técnico como financeiro, sendo o sistema dimensionado para o consumo médio mensal menos o custo de disponibilidade, calculado por (Macedo, 2006):

$$E_C = C_{mm} - C_d \quad (1)$$

onde E_C é a energia mensal do sistema fotovoltaico, C_{mm} é o consumo médio mensal e C_d é o consumo mínimo de disponibilidade.

Os bancos de dados solarimétricos utilizam valores de radiação solar média diária. Portanto, calcula-se o valor $E_{CD} = E_C/30$, onde E_{CD} é a energia de compensação diária. A potência na saída do inversor terá que prover para compensar o consumo diário da edificação é dada por:

$$P_{AC} = E_{CD} / HSP \quad (2)$$

onde HSP são as horas de sol pico por dia e seu valor é obtido em um mapa solarimétrico considerando as informações do local da instalação.

Para o gerador fotovoltaico ser capaz de fornecer a quantidade de energia elétrica calculada anteriormente, ele necessitará desenvolver uma potência maior, pois existem perdas inerentes a qualquer tipo de sistema fotovoltaico. O parâmetro para quantificar as perdas é a *Performance Ratio (PR)* do sistema, que considera diversos tipos de perdas e que pode variar de acordo com as condições de projeto e instalação do sistema. O valor está entre 0,65 e 0,85, sendo que a inclinação



e orientação do gerador fotovoltaico são de crucial importância para este parâmetro.

A potência de pico do gerador fotovoltaico é determinada a partir da potência na saída do inversor, dado por:

$$P_{PV} = P_{AC} / PR \quad (3)$$

Com o valor P_{PV} , pode-se calcular a potência dos inversores. A razão entre o gerador fotovoltaico e o inversor comumente é de 1:1, em qualquer eventual desvio pode-se considerar o intervalo de potência dado por:

$$0,7 * P_{PV} < P_{INV} < 1,2 * P_{PV} \quad (4)$$

onde P_{INV} é a potência máxima cc do inversor.

O número de módulos fotovoltaicos (N_M) que compõem o sistema é calculado baseado na potência de pico do gerador fotovoltaico e a potência nominal do módulo escolhido pelo projetista para o sistema e é dado por:

$$N_M = P_{PV} / P_{MOD} \quad (5)$$

A potência nominal P_{mod} é encontrada na folha de especificações ou *datasheet*.

O valor da tensão de trabalho do inversor é resultante do somatório das tensões individuais dos módulos que estão ligados em série em uma fileira. O valor de tensão máxima da entrada do inversor não deverá ser ultrapassado, mesmo com gerador fotovoltaico operando em condições extremas, pois em baixas temperaturas a tensão do arranjo fotovoltaico tende a subir. No Brasil é considerada 0°C como temperatura mínima, e que corresponde a uma temperatura de operação do módulo de 25°C. Utiliza-se a tensão em circuito aberto do módulo V_{CA} , que também consta no *datasheet*. Desta forma o número máximo de módulos por string é dado por:

$$N_{SMAX} < V_{MAX} / V_{CA} \quad (7)$$

onde V_{MAX} é a tensão DC máxima de entrada do inversor.

A temperatura de operação mais elevada causa uma diminuição considerável na tensão gerada. O número mínimo de módulos por fileira é calculado por:

$$N_{SMIN} > V_{MIN} / V_{MAX70} \quad (8)$$

onde V_{MIN} é a tensão mínima aceitável na entrada do inversor para ele funcione adequadamente e V_{MAX70} é a tensão máxima gerada pelo módulo em temperatura de 70° C. Nas folhas de especificações técnicas de um módulo fotovoltaico são fornecidos os coeficientes de temperatura que podem ser

utilizados para calcular as características elétricas do módulo em qualquer situação, expressos em %/°C. Com o uso desses coeficientes junto à temperatura do ambiente média, calcula-se V_{MAX70} , melhorando o dimensionamento do sistema.

Número de Fileiras em Paralelo

Para obter uma maior potência de um sistema fotovoltaico sem ter um valor de tensão muito elevado, ligam-se fileiras (*strings*) em paralelo, fazendo com que haja um aumento da corrente elétrica produzida pelo gerador. Deve-se determinar o número de *strings* em paralelo para que o valor máximo da corrente de entrada do inversor não seja ultrapassado. A quantidade de fileiras é calculada por:

$$N_P = I_{MAX} / I_{SC} \quad (9)$$

onde I_{MAX} é a corrente de entrada do inversor e I_{SC} é a corrente de curto-circuito do módulo. Desta forma, o sistema será constituído de N_S módulos ligados em série e por N_P fileiras ligadas em paralelo. A quantidade total de módulos será dada por $N_P * N_S$.

As características elétricas dos equipamentos são cruciais para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede. O dimensionamento do cabeamento e da proteção em geral segue os critérios das normas técnicas vigentes, NBR-5410 e NBR-5419, para sistemas elétricos em baixa tensão e proteção contra descargas atmosféricas.

O Laboratório de Energias Renováveis Usina Ecoelétrica do DEE – FE foi selecionado para instalação do sistema fotovoltaico adquirido pelo CCGEE em função de possuir local para exposição e abrigo dos equipamentos, além de área aberta no nível do solo que facilitam a implantação dos painéis e os inversores. O laboratório, mostrado na Figura 2, está localizado ao lado do prédio administrativo do DEE e, desde 2010, abriga um projeto de extensão universitária. A sua criação foi possível devido a um projeto financiado pelo CNPq, em 2006. Dentre os equipamentos que possui, pode-se destacar um gerador fotovoltaico isolado de 750 Wp, com controlador de carga, inversores e banco de baterias, responsável pela geração da energia consumida nele. Até a instalação do sistema aqui descrito, este laboratório estava totalmente desconectado da rede elétrica.



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROJETOS DE EXTENSÃO ACADÊMICA



Figura 2 – Local do Laboratório de Energias Renováveis

O equipamento de geração fotovoltaica adquirido foi instalado conectado à rede elétrica e neste capítulo será descrito as etapas realizadas, desde a confecção das estruturas fixas utilizadas até a conexão à rede elétrica de distribuição.

A configuração realizada para este projeto consiste em dois sistemas, cada um com 6 módulos fotovoltaicos em série formando duas fileiras de 3 módulos por estrutura (total de 12 módulos) e conectados, cada um, ao seu respectivo inversor.

Após o condicionamento de potência (localizado dentro do Laboratório) foi realizada a junção dos dois sistemas que juntos somam 3 kWp de potência e conectados à um dos quadros de distribuição do Departamento de Engenharia Elétrica. As Tabelas (2), (3) e (4) apresentam as características elétricas dos módulos e dos inversores.

Potencia Pico do Sistema	3 kWp
Fabricante e Modelo dos módulos	Yingli YL250P 29 b
Tipo de Paineis	Silicio Policristalino
Quantidade de Paineis	12
Numero Total de fileiras	2
Fabricante dos Inversores	SMA
Modelo dos Inversores	Sunny Boy SB 1300TL-10
Potencia Nominal	1,3 kW
Quantidade Total de Inversores	2

Tabela 2 – Equipamentos do sistema Conectado

Potencia Máxima (pico)	250 W
Tensão de Potencia Máxima	30,4 V
Corrente em Potencia Máxima	8,24 A
Tensão em Circuito Aberto	38,4 V
Corrente de Curto-Circuito	8,79 A
Temperatura Nominal de Func.	46° C
Coeficiente de temperatura de Potência	-0,45 % / °C
Coeficiente de temperatura de Tensão	-0,45 % / °C
Coeficiente de temperatura de Corrente	0,06 % / °C

Tabela 3 – Características elétricas dos painéis fotovoltaicos

Características de Entrada CC	
Potencia Nominal de Entrada	1300 W
Potencia Máxima de Entrada	1400 W
Máxima tensão de entrada	600 V
Corrente Máxima de Entrada	12 A
Faixa de Tensão	115V a 480V
Características de Saida CA	
Potencia Máxima de Saída	1300 VA
Tensão de Funcionamento da Rede	180 V a 260 V
Tensão Nominal de saída	220 V
Corrente Máxima de Saída	7,2 A
Rendimento	94,3 %

Tabela 4 – Características elétricas dos inversores

As estruturas de suporte dos painéis foram montadas sobre toras de madeira e estrutura de cantoneira reforçada, cada uma servindo de suporte para 3 painéis. Com isso, seu peso individual é aproximadamente 160 kg. A inclinação referente à latitude da localização é de aproximadamente (20°). Este tipo de montagem não é feita na prática nos sistemas comerciais, que, normalmente, são colocados em posições fixas sobre o telhado das residências e tem o custo de montagem consideravelmente mais baixo por já utilizar uma superfície que suporta o peso do sistema. Com esta configuração montada, cada par de estruturas foram ligadas em série e, por não estar fixado rigidamente no solo, pode ser ajustadas manualmente para diferentes inclinações e orientação. Na forma atual, as estruturas foram posicionadas para o norte geográfico, formando assim um arranjo fotovoltaico do sistema de 3 kWp, mostrado na Figura 3.



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROJETO DE EXTENSÃO CURRICULAR



Figura 3 – Arranjo fotovoltaico montado: quatro conjuntos de 750Wp cada

Para a instalação elétrica do sistema conectado à rede foi necessário levar a rede elétrica até a edificação do Laboratório, realizada através de um circuito trifásico à quatro fios, composto por três fases e um neutro, com cabos de seção de 16 mm² e embutidos no chão em eletroduto.

Os condutores elétricos utilizados na instalação do sistema fotovoltaico possuem seção de 4 mm², conforme o critério de capacidade de corrente e queda de tensão. De acordo com a seção dos condutores e corrente de projeto, foi dimensionada a proteção CC disjuntores unipolares de 10 A; a proteção CA disjuntores bipolares de 10 A. A proteção geral foi feita por disjuntor bipolar de 20 A, respeitando a seletividade. Os dispositivos de proteção contra surtos utilizados no lado CC para cada polo dos circuitos foram especificados em Classe 2, $U_n = 275 \text{ V}$, $I_{max} = 45 \text{ kA}$ e $I_n = 20 \text{ kA}$.

A montagem completa do sistema foi realizada pelos graduandos do projeto e apoio dos técnicos, utilizando a infraestrutura das oficinas do DEE e do laboratório, observando-se as normas vigentes para instalações elétricas em baixa tensão (NBR-5410, 2004) e proteção de estruturas contra descargas atmosféricas (NBR-5419, 2001). A instalação física e elétrica dos inversores é mostrada na Figura 4. Foram observadas as informações contidas nas folhas de dados dos inversores; as conexões elétricas dos módulos fotovoltaicos aos inversores utilizaram conectores MC4; a fixação do quadro de proteção com disjuntores termomagnéticos e dispositivos de proteção contra surtos; e os medidores analógicos residenciais. Estes medidores foram instalados com o objetivo básico de mostrar visualmente a injeção de energia do sistema na rede elétrica do Departamento, girando em sentido

contrário que o usual. Os medidores analógicos residenciais foram fornecidos pela Faculdade, porém os mesmos são especificados para uma tensão de 127 V (monofásico), e como o sistema de geração é conectado em 220 V (bifásico), foi necessária a colocação de um medidor em cada fase, completando o circuito com o neutro. Uma visão geral dos equipamentos é apresentada na Figura 4.

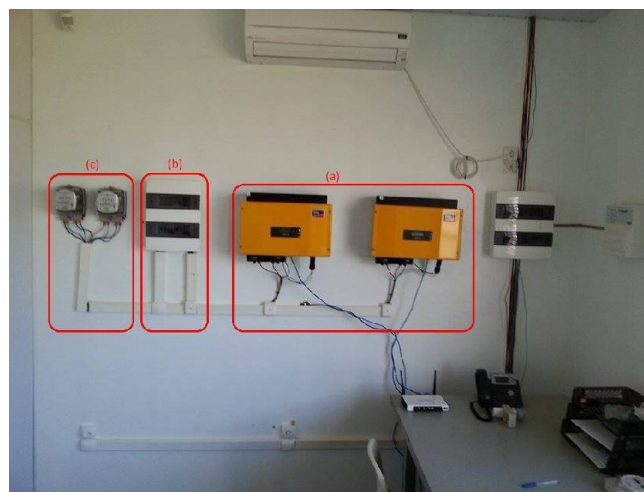


Figura 4 – Visão geral dos sistemas instalados: inversores (a direita), quadro de energia (centro) e medidores analógicos (esquerda).

O aterramento já instalado junto à edificação foi utilizado como referência e proteção ao sistema fotovoltaico conectado à rede. Superfícies de contato dos inversores, módulos fotovoltaicos e estruturas foram aterradas, conforme norma técnica (NBR-5410).

As placas de rede do fabricante dos inversores SMA foram conectadas dentro deles e posteriormente conectadas via cabos de rede UTP a um roteador com conexão à internet. Com este recurso foi possível realizar as leituras dentro da intranet departamental, acessível a todos os usuários cadastrados.

Resultados e Discussão

Após o sistema ter sido totalmente interligado entre os seus componentes foram realizadas inspeções, conforme norma técnica NBR-16274 (NBR-16274, 2014), antes da primeira energização.

Acionando os disjuntores na rede alternada, os inversores automaticamente analisaram a rede e entraram em modo de espera, aguardando a conexão do conjunto do gerador fotovoltaico. Com o acionamento dos disjuntores em CC, o inversor



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão: do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGRÁMA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

entra em modo de MPPT e começa lentamente a injetar energia no quadro de distribuição do Departamento de Energia Elétrica.

Realizado o cadastro no portal digital da SMA, a fabricante dos inversores, e com o software Sunny Explorer instalado em um computador foi possível visualizar dados referentes à geração do sistema fotovoltaico, como rendimento diário, potência instantânea, rendimento total e curvas de geração diárias, ilustrado nas Figura 5 e Figura 6. Este programa acrescenta recursos importantes e vão permitir realizar comparações em estudos mais aprofundados relativos ao sistema de geração fotovoltaica como a influencia real em diferentes posicionamentos de azimute e elevação, ação de poeira, temperatura, etc.

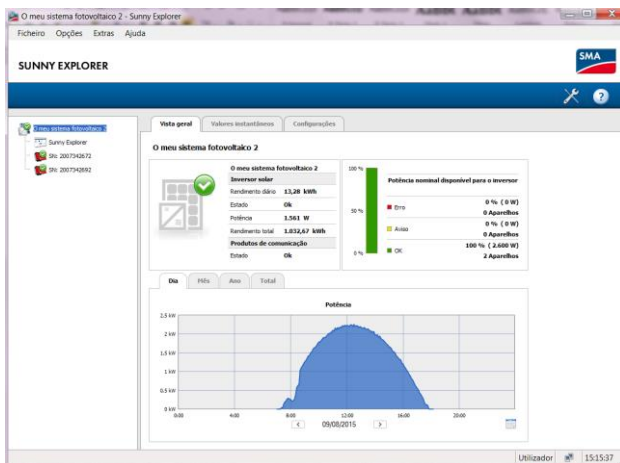


Figura 5 - Interface do programa Sunny Explorer – Geração Diária de Energia. Fonte: Software Sunny Explorer

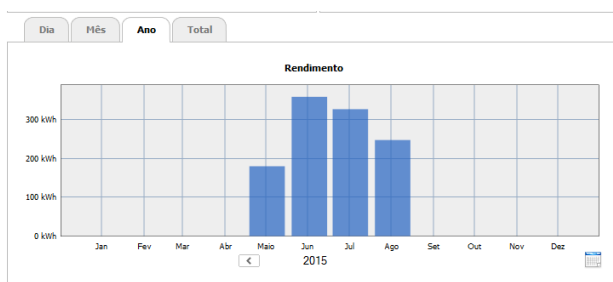


Figura 6: Geração Mensal de Energia Elétrica (kWh), até dia 15/08/2015. Fonte: Software Sunny Explorer

Avaliando a figura anterior, obteve-se, a geração de energia de aproximadamente 345 kWh por mês, nos meses de junho e julho.

No display de cada um dos inversores é possível realizar leituras dos valores de geração e tempo de ligação, que são apresentados na Tabela 5.

	Tempo Total (horas)	Energia Total (kWh)
Inversor 1	837	514,5
Inversor 2	849	519,5
Total	1686	1033,5

Tabela 5: Leitura dos dados dos Inversores

O sistema foi conectado na rede no dia 23/05/2015, portanto, há 79 dias e gerando 1.033,5 MWh.

O sistema fotovoltaico está em operação desde 22 de maio de 2015 e tem expectativa de geração mensalmente média de 450 kWh, em condições de máxima potência. Comparado ao valor de energia consumida pela unidade, em média de 35.000 kWh por mês, não ultrapassará o consumo de energia do Departamento de Engenharia Elétrica, não havendo necessidade de medição direta ou indireta por parte da concessionária de energia.

Conclusões

O sistema de geração fotovoltaico com conexão a rede de energia elétrica instalado no Laboratório de Energias Renováveis Usina Ecoelétrica tem se apresentado como uma excelente fonte de investimento dos recursos advindo dos PMEG-Unesp.

O software de monitoramento do sistema permite acesso remoto via intranet, ampliando consideravelmente o seu uso acadêmico e permite ampliar o espectro de avaliação de desempenho dos painéis sob as mais diversas condições topológicas e meteorológicas.

As atividades de ensino de graduação, extensão universitária e orientações acadêmicas e científicas dispõem de um laboratório moderno e que trata de tópicos tecnológicos, social e ambiental relevantes, além da economia efetiva de recursos de custeio com o menor consumo tarifado de energia elétrica.

Agradecimentos

Agradecemos a Coordenação de Curso do Departamento de Engenharia Elétrica que através da aquisição dos equipamentos, possibilitou a ampliação da abrangência nas áreas de ensino, pesquisa e extensão da Usina Ecoelétrica. Também agradecemos aos discentes Nicolas, Celso e Luiz e os técnicos de laboratório Valdemir Chaves e Everaldo Leandro Moraes pela imensa colaboração



8º Congresso de extensão universitária da UNESP

"Diálogos da Extensão:
do saber acadêmico à prática social"

Realização:

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JULIO DE MESQUITA FILHO"

PROEX
PROGRAMA DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

na montagem das estruturas e apoio geral ao projeto.

ALMEIDA, M. P. **Qualificação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**, São Paulo – SP, 2012. Tese (Mestrado em Energia), 173f. Universidade de São Paulo.

CARNEIRO, J. **Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos**, Portugal, 2009. Tese (Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil), 37f. Universidade do Minho.

DI SOUZA, R. **Introdução a Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**, e-book, Blue-sol, 2012.

MACEDO, N. W. **Análise do Fator de Dimensionamento do Inversor Aplicado a Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**, São Paulo – SP, 2006. Tese (Doutorado em Energia), 201f. Universidade de São Paulo.

Santos, Nicolas B. F., **Análise de Sistemas Fotovoltaicos co ênfase no gerenciamento de energia**, Ilha Solteira - SP, 2015, Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica, 66f, Unesp,

NBR-16149. **Sistemas Fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição**, ABN

NBR-16274. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro – RJ, 2014, 57p.

NBR-5410. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro – RJ, 2004, 128p.

NBR-5419. **Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas**, ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro – RJ, 2001, 32p.