

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA FOTOVOLTAICA PARA UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS LOCALIZADA EM SANTA MARIA - RS

Andrei Ruppenthal Siluk – andreirsiluk@gmail.com

Ângela Paulina Grandeaux Pisani – angelapisani.arq@gmail.com

Ísis Portolan dos Santos – isisporto@gmail.com

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

Resumo. *Sistemas solares fotovoltaicos (FV) representam uma fonte de energia renovável e, portanto, sustentável que tem apresentado crescimento acelerado na última década. No entanto, grande parte das aplicações do sistema FV, no mundo, acontece em edificações residenciais. Mas, também é possível utilizá-lo em outros tipos de edificações, como por exemplo, as industriais. Nesse contexto, apresenta-se o dimensionamento de um sistema FV para uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS. Como base para o dimensionamento do sistema FV foram utilizados os dados obtidos de um sistema instalado no Colégio Politécnico da UFSM. Os dados demonstraram que a cobertura da edificação industrial apresenta possibilidade de geração para atender quase a totalidade da demanda.*

Palavras-Chave: *energia renovável; building applied photovoltaics; edificações industriais*

1. INTRODUÇÃO

A energia pode ser considerada uma das principais forças motrizes do desenvolvimento econômico de um país. Ela é insumo fundamental do processo produtivo de bens e serviços, além de aumentar o bem-estar da população, na medida em que proporciona conforto térmico, iluminação, lazer, entre outros benefícios (PEREIRA, 2014).

Apesar dos combustíveis fósseis representarem ainda quase 80% da geração de energia no planeta, as energias de fontes renováveis vêm apresentando um crescimento significativo. Da mesma forma, as energias renováveis modernas também vêm aumentando em relação as energias renováveis tradicionais, fortalecidas pelos avanços contínuos das tecnologias, inovações, financiamentos e apoio político. Esse fato está tornando as energias renováveis competitivas economicamente com as fósseis e nucleares (REN21, 2014).

As energias renováveis permitem a manutenção das atividades humanas atuais, intrinsecamente relacionadas com a utilização de energia elétrica, porém sem o uso dos combustíveis fósseis consumidos nas matrizes energéticas convencionais. Os avanços tecnológicos têm possibilitado a instalação de geradores de energia na própria edificação, de forma que uma parcela ou a totalidade da energia consumida possa ser produzida in locu, podendo resultar em uma diminuição do seu impacto ambiental (SANTOS, 2013).

A geração de energia elétrica a partir da luz solar por meio do efeito fotovoltaico, tem se apresentado como uma alternativa atual. Os sistemas fotovoltaicos têm experimentado um enorme crescimento ao redor do mundo nos últimos anos, principalmente devido ao desenvolvimento de novos materiais e novas tecnologias. Segundo dados da European Photovoltaic Industry Association (EPIA), a capacidade instalada mundial atingiu a marca de 139 GWp em 2013 (EPE, 2014).

De acordo com Santos (2013), entre as tecnologias que permitem a geração de energia elétrica na edificação, a tecnologia fotovoltaica (FV) é uma das mais utilizadas, pois não produz ruído nem emissões de gases, além de apresentar baixa manutenção. Esses sistemas integrados a edificações são encontrados em grandes centros urbanos e podem ser instalados nos telhados ou em fachadas de prédios, locais que normalmente recebem a maior insolação.

Também no caso de instalações industriais, de acordo com Rütther (2004), sistemas solares FV podem ser integrados as edificações e interligados à rede elétrica pública visando a geração de energia elétrica junto ao ponto de consumo. As coberturas de edificações industriais normalmente apresentam grandes áreas planas ou com curvaturas suaves sendo adequadas à integração de geradores FV. Dessa forma, sem ocupar área extra ou infraestrutura adicional, o setor industrial pode instalar geradores elétricos para satisfazer parte de sua demanda energética. Grandes corporações industriais já vêm utilizando essa fonte alternativa, que apresenta um potencial de suprir as necessidades energéticas.

Nesse contexto, pretende-se dimensionar um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica para uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS. Para tanto, pretende-se verificar a disponibilidade da área da cobertura de uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS e pesquisar o consumo de energia elétrica dessa indústria no período compreendido entre setembro de 2014 e março de 2015. A partir do levantamento da área disponível de cobertura do prédio da indústria de bebidas pretende-se verificar se ela comporta um sistema capaz de compensar sua demanda de energia elétrica. O potencial de geração de energia elétrica FV, será obtido através dos dados de um equipamento instalado na cobertura do prédio do colégio politécnico em Santa Maria – RS. Caso a área não seja

suficiente, pretende-se calcular a porcentagem de contribuição do sistema de geração FV possível de ser integrado com a demanda de energia da fábrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A possibilidade de um rápido incremento da produção a partir de uma infraestrutura preexistente infere à energia solar FV atributos que a tornam única. Da mesma forma o avanço tecnológico relacionado a ela leva-a a uma taxa de inovação muito maior do que nos demais setores de energia. De acordo com ABINEE (2012), essa taxa de inovação situa-se mais próxima de setores como tecnologia da informação (TI), com suas mudanças constantes. Também conta com uma extensa variedade de pesquisa em novas tecnologias, além das constantes inovações na indústria que vêm reduzindo significativamente o custo por unidade de energia assegurada das tecnologias disponíveis comercialmente via novos produtos e processos de produção, disposição, comercialização, financiamento e instalação.

As condições para instalação dos sistemas FV em edificações preexistentes, deve levar em conta vários fatores como, inicialmente, a área disponível no telhado, considerando-se aberturas utilizáveis presentes no telhado, assim como o sombreamento devido a estruturas circunvizinhas. A questão estrutural do telhado também é importante, pois é necessário o sistema estar orientado corretamente, devendo a estrutura suportar a carga extra dos módulos e equipamentos (RÜTHER, 2004).

Em relação a radiação solar, quando ela incide perpendicularmente nos módulos, o sistema está recebendo a maior quantidade de radiação solar global possível, considerando um somatório anual, e conseqüentemente gerando a maior potência. Dessa forma, a situação ideal é o maior tempo possível de permanência do módulo voltado ao Sol. Essa condição é alcançada quando o sistema compensa as variações azimutais e a declinação solar. Dessa forma, a instalação dos sistemas FV fixos em telhados, dificilmente atende essa condição, visto que dependerá da posição do telhado em relação as coordenadas geográficas sul e norte, assim como do espaço disponível (RÜTHER, 2004; PINHO e GALDINO, 2014).

Nesse contexto, existem recomendações fundamentadas em diversos estudos científicos para orientações e inclinações que otimizam a conversão de energia solar ao longo das variações anuais meteorológicas. Dessa forma, em sistemas fixos os módulos FV devem ficar orientados para o norte geográfico quando instalados no hemisfério sul do planeta. E o contrário, para o hemisfério norte (RÜTHER, 2004; PINHO e GALDINO, 2014), sendo ambos orientados em direção ao equador.

Os sistemas FV foco desse trabalho são fixos e instalados no sul do Brasil, portanto o sistema deverá ter orientação norte. Em termos gerais, os módulos são instalados com uma inclinação equivalente à latitude do local (RÜTHER, 2004; PINHO e GALDINO, 2014). A latitude de Santa Maria, onde serão instalados os sistemas FV, é de 29°43' sul e, portanto, a inclinação deve ser dessa ordem. Entretanto são admitidas, sem grandes perdas para o sistema, variações máximas de $\pm 60^\circ$ em relação ao ângulo azimutal, e variações na inclinação entre 10° e 30° em relação à latitude. Como referência para encontrar esses valores, foi utilizado o ábaco da Fig. 1, que apresenta os dados do potencial de radiação para Porto Alegre, cuja latitude é 30° sul.

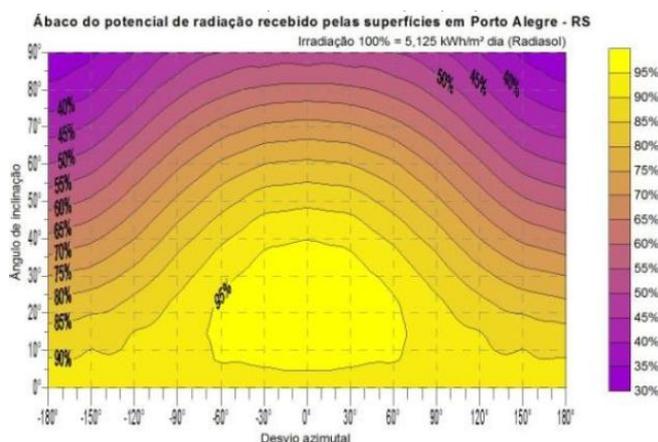


Figura 1 – Ábaco do potencial de radiação em Porto Alegre
Fonte: Santos (2013)

Com relação ao potencial de geração de energia FV no Brasil, Miranda (2013) em uma abordagem macro, apresenta um cenário técnico baseado em um modelo que considera a inserção da energia FV sem restrições econômicas por parte do tomador de decisão. As únicas limitações consideradas são a disponibilidade de telhado e consumo de eletricidade domiciliar. A partir dessas restrições o potencial técnico do modelo, para o ano base de 2013, apresenta capacidade instalada para todo o Brasil de 64,59 GWp, onde a região sudeste com 33,38 GWp possui pouco mais da metade desse potencial. As regiões norte, nordeste, centro oeste e sul tem potencial de 2,76 GWp, 11,92 GWp, 5,13 GWp e 11,40 GWp respectivamente. Dessa forma, a geração distribuída de energia fotovoltaica em residência teria sido capaz de suprir 21% da demanda nacional em 2012.

3. METODOLOGIA

Como o objetivo é dimensionar um sistema de geração de energia elétrica FV para uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS, utilizou-se da pesquisa exploratória, proporcionando maior familiaridade com o tema. Como estratégia de pesquisa adotou-se o estudo de caso por meio de coleta de dados utilizando-se de observação direta e registros de banco de dados.

O campo de aplicação da pesquisa foi uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS. Quanto aos procedimentos, primeiramente a edificação foi identificada por meio de uma imagem de satélite adquirida via Google Earth, conforme Fig. 2, e em seguida foi calculada a disponibilidade da área de sua cobertura. A empresa foi visitada, no mês de maio de 2014 visando a permissão para a realização da pesquisa e obtenção dos dados do consumo de energia elétrica no período compreendido entre setembro de 2014 e março de 2015.



Figura 2 – Identificação da área de cobertura
Fonte: Google Earth (2015)

A partir do levantamento da área disponível de cobertura do prédio da indústria de bebidas, estimou-se se seria possível a integração de um sistema FV que compensasse toda sua demanda de energia elétrica. Como dado comparativo, utilizou-se, o potencial de geração de energia elétrica FV de um equipamento instalado na cobertura do prédio do Colégio Politécnico da UFSM em Santa Maria – RS, conforme Fig. 3.



Figura 3 - Identificação da localização do equipamento do Colégio Politécnico
Fonte: Google Earth (2015)

O sistema FV utilizado como referência está instalado no Colégio Politécnico da UFSM em Santa Maria, distando cerca de 9 km da edificação da indústria de bebidas. Possui um inversor da marca Fronius, modelo Galvo. Os módulos FV são da marca Risen, modelo SYP 250P. Apresenta potência unitária em condições padrão de ensaio de 250 W. São 14 módulos do tipo silício policristalino com potência total de 3500 Wp.

Em uma primeira etapa foram tabulados os dados referentes a geração de energia elétrica coletados pelo sensor do sistema instalado no Colégio Politécnico da UFSM. O período de avaliação utilizado foi de setembro de 2014 a março de 2015, por limitação de disponibilidade dos dados coletados do sistema que foi instalado em agosto de 2014. Durante esse mês foram realizados testes para ajuste e calibragem dos equipamentos.

Os dados coletados pelo sistema foram devidamente convertidos da unidade de potência Watts para unidade de energia kWh visando a comparação com demanda mensal de energia da indústria de bebidas. A partir dos dados obtidos

pelo equipamento localizado no colégio politécnico foi possível dimensionar o sistema de geração FV para a indústria de bebidas.

Visando uma maior segurança para o dimensionamento do sistema FV da indústria objeto desse estudo foi realizado um novo dimensionamento por meio de uma metodologia diferente. Para tal foi utilizado o software radiasol que utiliza dados disponíveis do sistema Solar and Wind Energy Resource Assessment – SWERA. Esse sistema reúne conjuntos de dados de recursos solar e energia eólica e ferramentas de análise a partir de uma série de organizações internacionais. As informações e os dados fornecidos no site estão disponíveis gratuitamente para o público e destina-se a apoiar o trabalho dos pesquisadores, projetistas, analistas e investidores (SWERA, 2015).

4. RESULTADOS

Primeiramente será apresentado o dimensionamento do sistema FV a partir dos dados coletados do sistema instalado no Colégio Politécnico da UFSM e na segunda parte será apresentado o dimensionamento a partir de dados obtidos pelo SWERA.

4.1 Dimensionamento do sistema FV a partir dos dados coletados in locu

Primeiramente foram tabulados os dados coletados a partir da geração de energia elétrica do sistema FV instalado no Colégio Politécnico da UFSM totalizando 3,27 MWh nos meses de setembro de 2014 a março de 2015, indicando uma média mensal de 0,47 MWh. A indústria apresentou no mesmo período um consumo total de 1.008 MWh com média mensal de 144 MWh. Logo foi constatada uma disparidade de escalas entre o sistema do Colégio Politécnico e o consumo da indústria, conforme Fig. 4. Dessa forma, a partir da área dos módulos do sistema instalado no Colégio Politécnico que é de 23 m² e da área disponível da cobertura do principal edifício do complexo da indústria que é de 5.862 m², calculou-se quantos sistemas iguais poderiam ser instalados. Chegou-se a 257 sistemas iguais ao do Colégio Politécnico, resultando em uma média mensal de 120 MWh, conforme Fig. 5. Portanto a porcentagem total atingida com base no sistema proposto, seria de 83%.

Mês	set./14	out./14	nov./14	dez./14	jan./15	fev./15	mar./15	Total	Média
Geração Mensal (MWh)	0,36	0,45	0,54	0,49	0,50	0,47	0,46	3,27	0,47
Consumo Mensal (MWh)	103	145	167	141	156	165	131	1.008	144
Geração Sistema Proposto (MWh)	91,4	115	140	127	128	121	118	841	120
% Atingido	89	80	84	90	82	73	90	83	84
% Contribuição Mensal Geração	11	14	17	15	15	14	14	100	14
% Contribuição Mensal Consumo	10	14	17	14	15	16	13	100	14

Figura 4 – Geração do sistema FV e consumo da indústria de bebidas

Analisando-se a contribuição mensal do consumo da indústria e do sistema proposto, constatou-se que o mês de setembro representou o menor consumo e também a menor geração no período observado. O mês de setembro obteve a menor geração devido à proximidade do solstício de inverno. O mês de novembro apresentou o maior consumo e também a maior geração. O mês de dezembro, apesar de estar mais próximo do solstício de verão, não apresentou a maior geração, provavelmente pelas condições meteorológicas que não foram favoráveis quanto a irradiação solar recebida pela região. No mês de fevereiro a contribuição do sistema proposto foi significativamente menor do que em outros meses, por causa do aumento do consumo da indústria.

Sistema Instalado	Sistema Proposto
Potência Sistema - 3,5 kWp	Potência Sistema - 899,5 kWp
Área do Sistema - 22,7752 m ²	Área Cobertura Disponível - 5862 m ²
	Número de Sistemas
	257 sistemas
Azimute	Azimute
7.0° Negativo	3,5° Negativo

Figura 5 – Dimensionamento do sistema proposto

A diferença do desvio azimutal da instalação de ambos os sistemas seria de apenas $3,5^\circ$ negativos, e com possibilidade de instalação em inclinações semelhantes, apresentando, assim, pouca diferença na eficiência dos projetos. Sendo considerado então que o sistema da indústria geraria exatamente a mesma quantidade de energia elétrica que o sistema instalado. Com a instalação do suposto sistema e com base nos dados de geração coletados, seria possível suprir, em média, 84% da demanda energética da fábrica, conforme Fig. 6.

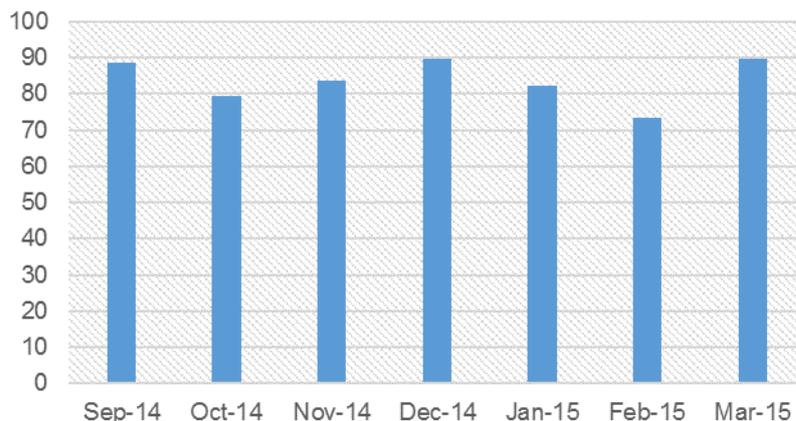


Figura 6 – Porcentagem atingida do consumo com simulação do sistema de 900 kWp

Constatou-se que nos meses avaliados o sistema FV proposto não seria capaz de suprir a demanda em nenhum momento, conforme Fig. 7. O que sugere que não seria possível um balanço energético anual zero, já que os meses analisados são justamente os meses de verão que apresentam maior disponibilidade de radiação.

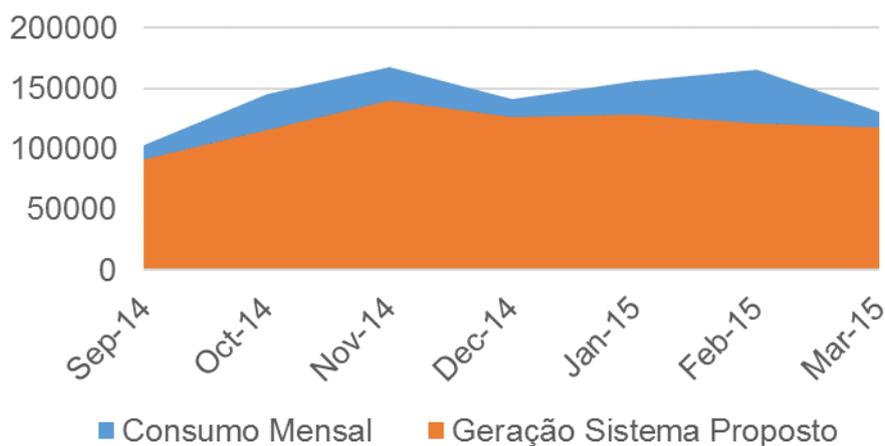


Figura 7 – Consumo x Geração

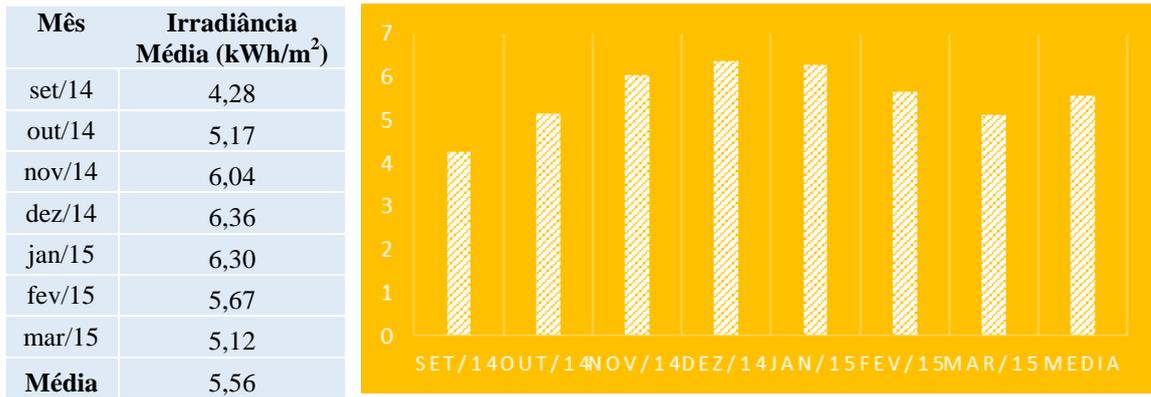
Ainda, constatou-se que nos meses de setembro e dezembro de 2014, e março de 2015, a contribuição da geração do sistema proposto foi maior que a contribuição do consumo.

Após esse conjunto de análises, projetou-se um sistema que tivesse condições de suprir 100% da demanda de energia da indústria. Para atingir esse objetivo buscou-se um módulo FV mais eficiente do que os módulos instalados no sistema do Colégio Politécnico. Para isso seria necessária a instalação de módulos adicionais nas fachadas do edifício ou em área adicional fora da edificação.

4.2 Dimensionamento do sistema FV a partir do software Radasol

Para esse dimensionamento foi utilizado o consumo mensal no período avaliado conforme apresentado na figura 4. Para definir a energia a ser gerada pelo sistema FV foi estabelecido que 100% da demanda de energia elétrica da indústria seria suprida, ou seja, 144 MWh.

Em seguida foi identificado o potencial de irradiação solar no local através do software radasol. A partir dos dados da geolocalização (latitude e longitude), inclinação do plano e desvio azimutal juntamente com a irradiação global horizontal fornecida pelo banco de dados do SWERA automaticamente o software calcula a Global Plane of Array – G_{poa} que é a irradiação que incide sobre um plano inclinado. A Fig. 8 apresenta a irradiação média mensal ou G_{poa}, resultante da ponderação do software radasol que possibilitou o cálculo da média do período avaliado.

Figura 8 – G_{poa} (global inclinada)

A seguir, com base na média da irradiância solar e no consumo de energia elétrica da indústria calculou-se a potência necessária do sistema FV pela Eq. (1), chegando-se a 1.080 kWp.

$$\text{Potência do Sistema} = E \text{ (mês)} / [(G_{\text{poa}}/\text{Dia}) \times 30 \times R \text{ (Rendimento do Inversor)}] \quad (1)$$

A partir da potência do sistema definiu-se a quantidade de módulos necessários pela Eq. (2). Considerando-se um módulo modelo SUNPREME do fabricante SYGMA, com área de 1,90 m², potência 340 W e tecnologia de material policristalino. Resultando em 3.176,47 módulos.

$$\text{Número de Módulos} = \text{Potência do Sistema (Potência de Trabalho)} / \text{Potência do Módulo} \quad (2)$$

Visto que a divisão dos módulos não é possível, opta-se pelo arredondamento, resultando em 3.180 módulos de 340 watts de potência. Dessa forma, calculando-se a quantidade de área disponível para organizar a totalidade dos módulos chega-se a 6.040,00 m². Nota-se que a área necessária é inferior a área de cobertura disponível (5.862,0 m²), que comportaria a instalação de 3.086 módulos fotovoltaicos. A potência proporcionada por esses módulos seria de 1.049.240 W_p = 1.049,24 kW_p.

5. CONCLUSÃO

O Brasil apresenta a possibilidade de se tornar um grande gerador de energia fotovoltaica, como já foi levantado em outros estudos (BRAUN-GRABOLLE, 2010; SANTOS, 2013; PEREIRA, 2014), devido às suas diversas condições favoráveis, como sua extensão e sua localização em baixas latitudes. Com relação ao Rio Grande do Sul, Kaufmann (2012), concluiu que um sistema FV instalado na cidade de Lajeado, pode produzir energia satisfatória para atender a demanda de residências e de empresas.

Os sistemas FV para edificações industriais, de acordo com simulações realizadas por Mancilha (2013), permitem uma geração que pode suprir a demanda. Nesse contexto, pretendeu-se dimensionar um sistema de geração de energia elétrica fotovoltaica para uma indústria de bebidas localizada em Santa Maria – RS. Verificou-se que a disponibilidade da área da cobertura da edificação para a implantação de um sistema FV, atende a demanda na média de 85%, no período analisado. Esse dimensionamento foi realizado a partir dos dados obtidos de um equipamento instalado no Colégio Politécnico da UFSM. Dessa forma, foi possível verificar que a área disponível de cobertura da edificação industrial é insuficiente para atender 100% da demanda.

Nesse contexto, é possível inferir que a implantação dos sistemas FV em instalações industriais poderia contribuir, em sistema de compensação, para a diminuição do impacto ambiental que normalmente está associado às indústrias, além de proporcionar um alívio ao sistema principal de geração de energia elétrica partir de hidro e termoeletricas. Mesmo que não haja capacidade de suprir 100% da demanda.

Como limitação do trabalho, cita-se que os diferentes tipos de indústrias apresentam consumo de energia em diferentes padrões e que, portanto, cada caso deve ser analisado em suas particularidades.

REFERÊNCIAS

- ABINEE, Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, 2012. Proposta para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira. Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos.
- Braun-Grabolle, P., 2010. A integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala no sistema elétrico de distribuição urbana. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- EPE, 2014. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Série: Recursos Energéticos. Rio de Janeiro: EPE.
- Kaufmann, G. V., 2012. Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado-RS. TCC (Curso de Engenharia Ambiental). UNIVATES, Lajeado.
- Mancilha, K. C., 2013. Aplicação de energia fotovoltaica para prédios administrativos e áreas industriais. Faculdade de engenharia, curso de engenharia elétrica, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- Miranda, R. F. C., 2013. Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro. Dissertação (Mestrado em Ciências do Planejamento Energético), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Pereira, T. C. G., 2014. Energias renováveis: Políticas públicas e planejamento energético. Curitiba - PR: COPEL.
- Pinho, J. T.; Galdino, M. A., 2014. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: CEPTEL - CRESESB.
- REN21. Renewables 2014. Global Status Report. Disponível em: <www.ren21.net/Portals/0/.../2014/GSR2014_full%20report_low%20res.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2015.
- Rüther, R., 2004. Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil. Florianópolis: LABSOLAR.
- Santos, Í. P. D.; Rüther, R., 2014. Limitations in solar module azimuth and tilt angles in building integrated photovoltaics at low tropical sites in Brazil. Renewable Energy, vol. 63, pp. 116-124.
- Santos, I. P., 2013. Desenvolvimento de ferramenta de apoio à decisão em projetos de integração solar fotovoltaica à arquitetura. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SWERA - Solar and Wind Energy Resource Assessment, 2015. Disponível em: <<http://en.openei.org/wiki/SWERA/About>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

DIMENSIONING OF A PHOTOVOLTAIC POWER GENERATION SYSTEM FOR A BEVERAGE INDUSTRY LOCALIZED IN SANTA MARIA-RS

Abstract. Photovoltaic energy systems represent a renewable energy source, therefore a sustainable system that has been growing fast in the last ten years. However, a large portion of its application in the world has been at residential buildings. Yet it is also possible to install them at other building types, such as industry. In this context, it is presented the dimensioning of a solar photovoltaic system at a drink production industry sited at Santa Maria – RS. It was utilized as base for the dimensioning of the system data collected of a similar system installed at Politécnic School of UFSM. The data show us that the roof area of the industry building was enough to supply almost the totality of the energy demand.

Key words. Renewable energy; building applied photovoltaics; industrial buildings