

## Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

### ESTUDO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA SOLAR FOTOVOLTAICA DE UM SISTEMA INSTALADO NA CIDADE DE ERECHIM/RS

### STUDY OF THE POTENTIAL ENERGY GENERATION PHOTOVOLTAIC SOLAR A SYSTEM INSTALLED IN THE CITY OF ERECHIM/RS

Michel Confortin, Adilson Luís Stankiewicz, Tássia Carla Confortin, Izelmar Todero e Caroline Miola

#### RESUMO

Devido ao crescimento contínuo da população e do consumo de energia em escala mundial, a busca pela sustentabilidade e por autossuficiência, tem dado origem a novas tecnologias para sua obtenção. As fontes renováveis têm como vantagem a geração de energia sem danos significativos ao meio ambiente. Dentre essas, a energia solar fotovoltaica surge como um grande potencial de geração limpa e descentralizada. No Brasil uma das alternativas existentes é a possibilidade de injetar energia excedente na rede comercial a partir da geração fotovoltaica. Este trabalho caracteriza algumas tecnologias e opções de instalação do sistema fotovoltaico e suas possibilidades de implementação. O trabalho tem como objetivo principal verificar a contribuição da geração de energia solar por painéis fotovoltaicos como alternativa para minimizar os impactos ao meio ambiente e garantir fornecimento adequado de energia. Convém ressaltar que os resultados obtidos se dará através da coleta de dados referente a dois painéis solares fotovoltaicos, instalados próximo ao Prédio 2 do Campus II da Uri Campus de Erechim, estudando assim os efeitos da variação de inclinação dos painéis correlacionadas às edificações existentes e verificando o impacto energético e econômico desta forma de geração de energia.

**Palavras-chave:** Energia solar fotovoltaica, geração energia elétrica, sustentabilidade, sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, microcontrolador.

#### ABSTRACT

Due to continuous population growth and energy consumption on a global scale, the quest for sustainability and self-sufficiency, has given rise to new technologies for obtaining them. Renewable sources have the advantage of generating energy without significant damage to the environment. Among these, the solar photovoltaic comes as a great potential for clean and decentralized generation. In Brazil one of the alternatives is the possibility of injecting excess energy in the commercial network from photovoltaic generation. This work features some technologies and photovoltaic system installation and its implementation possibilities options. The work aims to verify the contribution of solar power generation by photovoltaic panels as an alternative to minimize environmental impacts and ensure adequate supply of energy. It is worth noting that the results will be through the collection of data regarding two solar panels installed near the building 2 Campus II of Uri Campus of Erechim, so studying the effects of tilt variation of the panels correlated to existing buildings and checking energy and economic impact of this form of power generation.

**Keywords:** Photovoltaic solar energy, electricity generation, sustainability, photovoltaic systems connected to the power grid, microcontroller.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo da população e do consumo de energia em escala mundial, juntamente com os problemas ambientais causados pela utilização de fontes convencionais de energia baseadas em combustíveis fósseis, aliada à iminente questão do aquecimento global serviram de motivação para a elaboração deste trabalho. No Brasil, a principal característica do sistema elétrico é a utilização de grandes usinas hidrelétricas que centralizam a geração de energia elétrica, com o transporte desta através de extensas redes de transmissão e distribuição.

As hidrelétricas, embora utilizem a força da água - recurso natural renovável -, causam grande impacto ambiental e social proveniente dos alagamentos nas áreas em que são implantadas. Além disso, o setor energético brasileiro enfrenta também a alta demanda de energia, e consequente insuficiência em sua oferta, gerando problemas frequentes nos horários de pico da demanda. Somado a isto, a disposição geográfica do consumo de energia elétrica tem nos centros urbanos os grandes consumidores, contudo, as principais centrais geradoras de energia brasileiras (hidrelétricas) estão localizadas em pontos específicos do país, o que exige uma complexa rede nacional de transmissão e distribuição de energia elétrica para que essa chegue às cidades. Assim, os custos de geração das grandes hidrelétricas acabam aumentando se considerados os custos de instalação e de manutenção das linhas de transmissão, bem como as perdas características deste sistema elétrico. (SANTOS, 2009).

Em contrapartida a esse modelo de geração centralizada, surge a geração distribuída, na qual os geradores localizam-se próximos aos consumidores, diminuindo o impacto ambiental e as perdas ocorridas no transporte. A geração distribuída é caracterizada por diferentes tecnologias, incluindo as convencionais como geradores a diesel e turbinas a gás; tecnologias mais modernas, como microturbinas e células combustíveis; e tecnologia de fontes renováveis, como geradores fotovoltaicos, pequenas centrais hidrelétricas, aero geradores e geradores movidos a biomassa (KAUFMANN, 2012).

A geração direta de eletricidade a partir da luz do sol, através do efeito fotovoltaico, se apresenta como uma das melhores formas de geração de potência elétrica, e sua utilização apresenta vários benefícios, destacando a característica de fonte de energia limpa, que contribui para a sustentabilidade ambiental do planeta, e também os benefícios ligados às suas características de geração de energia. Entre eles a geração no próprio local de consumo, podendo integrar-se a edificação, não ocupando área extra. Salienta-se a vantagem de ser explorado em pontos específicos da rede urbana, onde que a integração de painéis solares fotovoltaicos é interessante em zonas urbanas com pico de consumo diurno, tornando-se nestes locais, e sob certas condições, uma fonte despachável.

Na configuração mais comum, estes sistemas são instalados de tal maneira que, quando o gerador solar fornece mais energia do que a necessária para o atendimento da instalação consumidora, o excesso é injetado na rede elétrica: a instalação consumidora acumula um crédito energético (o relógio contador típico é bidirecional e neste caso anda para trás). Por outro lado, quando o sistema solar gera menos energia do que a demandada pela instalação consumidora, o déficit é suprido pela rede elétrica, ocorrendo assim, um sistema de compensação de energia elétrica (RÜTHER, 2004).

Segundo Torres (2012), a radiação solar que incide na Terra em um ano é 10.000 vezes maior que a demanda energética neste mesmo período, podendo ser considerada uma fonte inesgotável. O potencial de aproveitamento da energia solar no Brasil é muito grande, por ter altos índices de radiação, no entanto, a utilização desta energia na matriz elétrica brasileira ainda é incipiente, sendo poucos os sistemas conectados à rede.

Com a aprovação da Resolução Normativa nº 482/2012 pela ANEEL, que estabelece as condições gerais para o acesso a microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de

distribuição de energia elétrica, espera-se que haja um aumento na utilização da energia solar no Brasil, uma diversificação na matriz elétrica predominantemente abastecida por grandes centrais hidrelétricas. Dessa forma, a inserção de energia fotovoltaica na matriz energética nacional, de forma complementar, poderia trazer benefícios tanto ao setor energético, quanto aos setores econômicos, ambiental e social do país. A partir do exposto o objetivo deste trabalho foi obter dados de geração da energia elétrica a partir de um sistema solar fotovoltaico instalado no campus II da Uri Erechim e verificar o impacto energético e econômico desta forma de geração.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os dados são obtidos a partir de um único painel, marca Kyocera, modelo KD140SX. Os dados são coletados por um DataLogger, desenvolvido no laboratório de Engenharia elétrica do campus.

### 2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA COLETA DE DADOS

#### 2.2.1 Painel solar fotovoltaico e sua instalação

O painel instalado é da marca Kyocera, modelo KD140SX-UFBS, com capacidade de fornecer em condições ideais de insolação 140 W, 7,91 A e 22,1 V em corrente contínua (CC). O painel possui dimensões de 1500 mm x 668 mm x 46 mm (Comprimento x Largura x Espessura), pesa 12,9 Kg, certificado pelo INMETRO com nota “A” e eficiência de 14%. As células fotovoltaicas são protegidas com uma resistente camada de vidro temperado e moldura em alumínio já com as furações para a fixação, o painel pode ser visualizado na Fig. 1 A área de abrangência e ocupação pelo painel é de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>.

Figura 11 - Painel Solar Fotovoltaico.



Fonte: autor

As medidas no painel solar fotovoltaico de silício policristalino foram realizadas nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2016. De forma aleatória e sem prévia análise de previsão meteorológica, as medidas foram coletadas durante 19 dias nesses meses. Para a instalação do painel foram analisados vários locais, os fatores que foram levados em conta para a escolha do local foram: ter uma insolação privilegiada, ser de fácil acesso para possíveis manutenções e limpeza e que fosse próximo de algum ponto para a montagem dos

sistemas de aquisição de dados e para testes de carga. Com isto, determinou-se que a superfície de uma edificação próxima ao Prédio 2, do Campus 2 da Uri Erechim, seria o melhor local para a realização dos primeiros testes. O local é próximo do Laboratório de Fenômenos de Transportes o qual possui estrutura para montagem dos sistemas.

O painel foi fixado com mãos francesas de aço pela equipe de manutenção da URI Campus de Erechim como mostra a Fig. 2, sendo que o mesmo foi instalado respeitando a inclinação e orientação da superfície dos telhados dos prédios do Campus 2 da Uri Erechim, que é de 14° na direção norte.

A definição da direção do Norte magnético ocorreu pela análise do posicionamento de ambos prédios locados nas plantas de situação e localização fornecidos pela Uri Erechim. A consideração da orientação das inclinações do painel ocorreu mediante o posicionamento das águas dos telhados ficando então estabelecido que os telhados posicionados naquela direção seriam assim denominados.

O painel solar fotovoltaico foi ligado diretamente nas cargas, duas lâmpadas, alimentadas em corrente contínua, com 12V de tensão cada, que ligadas em série resultaram em uma tensão de 24V. Paralelamente a essa ligação foram conectados os sistemas do *DataLogger*, o qual será descrito a seguir.

Figura 2 - Painel solar instalado na edificação na direção Norte.



Fonte: autor

### 2.2.2 *DataLogger* e sua configuração

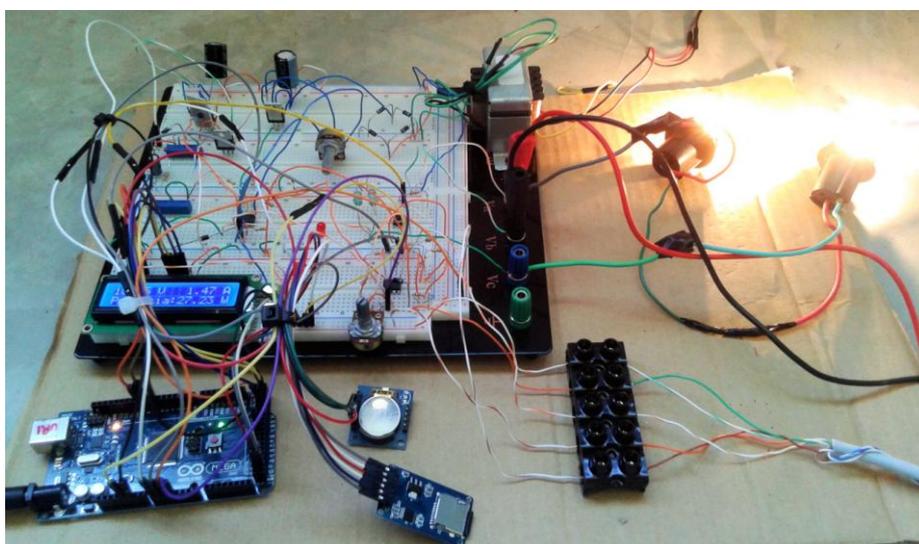
O *DataLogger* consiste num dispositivo eletrônico que recebe dados de vários sensores, processa esses dados e armazena ao longo do tempo num formato digital. Os dados são coletados pelos sensores e o arduino é o responsável pela leitura dos sensores e pelo processamento das informações. Todos os dados são armazenados em um arquivo tipo texto em um cartão SD. Além dos dados dos sensores são fornecidos pelo *DataLogger* as grandezas de tensão, corrente e potência gerados pelo painel fotovoltaico.

O dispositivo foi desenvolvido junto aos bolsistas do curso de engenharia elétrica da Uri – Erechim. O sistema *DataLogger* pode trabalhar em uma tensão máxima de 5V, em função se ser a máxima tensão que o seu microcontrolador pode receber, porém, por medidas

de segurança todo o sistema foi projetado para trabalhar com tensão máxima de 4,5V. Em um primeiro momento o *DataLogger* ficou montado em um *protoboard* (placa de ensaio), e posteriormente foi montado em definitivo em uma placa eletrônica, o mesmo pode ser visualizado na Fig. 3.

A programação do *DataLogger* foi feita para obter medidas de segundo em segundo, sendo que elas são armazenadas a partir da média móvel das mesmas, evitando que erros de medidas sejam menos perceptíveis, tornando as leituras são mais confiáveis e precisas. O microcontrolador por sua vez, trabalha com um sistema de bits, onde a tensão máxima que ele pode receber, que é 5 V, corresponde a 1023 bits. Cada bit, então, corresponde a uma tensão de 4,88 mV. Desta forma, tensões elevadas devem ser diminuídas, e tensões muito baixas devem ser amplificadas.

Figura 32 - DataLogger conectado ao painel solar.



Fonte: autor

### 2.3 LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE TELHADO DISPONÍVEIS DAS EDIFICAÇÕES DO CAMPUS II

Com as informações das plantas baixas, cortes, fachadas e plantas de cobertura, fornecidas pelo Departamento de Obras da URI Campus de Erechim, foi possível estimar a área disponível e inclinação de telhados para a integração de módulos fotovoltaicos. Levou-se em consideração a arquitetura existente, de modo a não interferir na questão estética do Campus. Para uma análise mais precisa, fez-se uma estimativa de áreas utilizando o software AUTOCAD, realizando-se desenhos aproximados das plantas de cobertura.

Analisou-se os prédios em que as inclinações de telhado eram semelhantes, e que somados teriam maior área, ou seja, os prédios 1 e 2, que possuem as mesmas características com inclinações de telhados em 14°.

### 2.4 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CONSUMO ENERGÉTICO DO CAMPUS II

O consumo energético ocorreu por meio do fornecimento pelo Departamento de Contabilidade da URI Campus de Erechim das contas de energia elétrica. O período analisado foi de outubro de 2014 a setembro de 2015. Considerou-se o consumo médio mensal kWh, o número de dias entre as leituras das contas e o consumo médio diário kWh/dia.

Para uma futura análise financeira tomou-se o valor das contas destes 12 meses e depois de dividido pelo consumo mensal obteve-se os valores por kW. O tratamento dos dados foi realizado pelo software MICROSOFT EXCEL e exibição por meio de tabela..

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são apresentados os resultados obtidos a partir da avaliação da geração de energia elétrica por um painel solar fotovoltaico de 140 W nos meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2016, no campus II da Uri Erechim, através de uma média não aritmética.

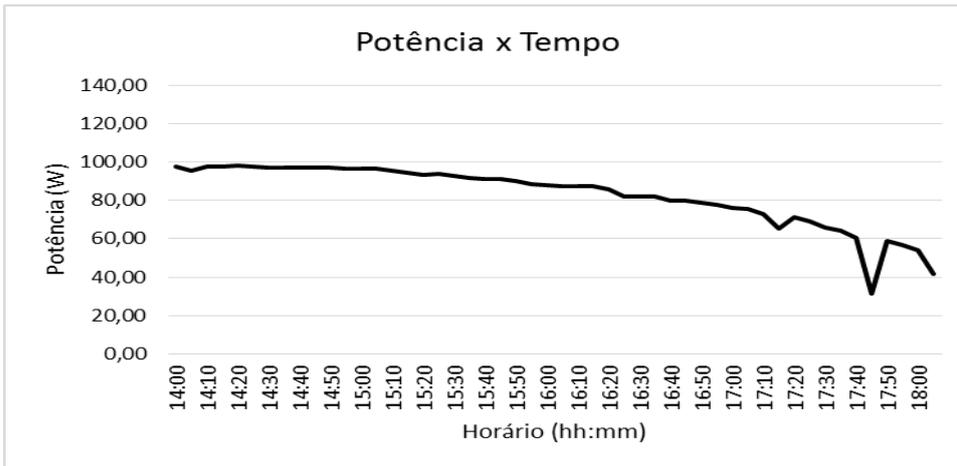
Também são apresentadas as informações sobre o levantamento do consumo energético do campus no período de 1 ano, e a quantidade de painéis necessários, com essas características, para atender este consumo, assim como a área disponível de telhados dos prédios 1 e 2.

#### 3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA DE UM PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO

Com os resultados das aquisições dos dados, obtidos pelas verificações da média durante os 4 meses, verificou-se que o potencial de geração de energia elétrica no local escolhido, com inclinação de 14° e posicionado para o lado norte é de qualidade, porém apresentam grandes variabilidades nas médias de geração, devido principalmente a nebulosidade e aos dias de chuva, uma vez que a geração depende diretamente da temperatura e, principalmente, da irradiação.

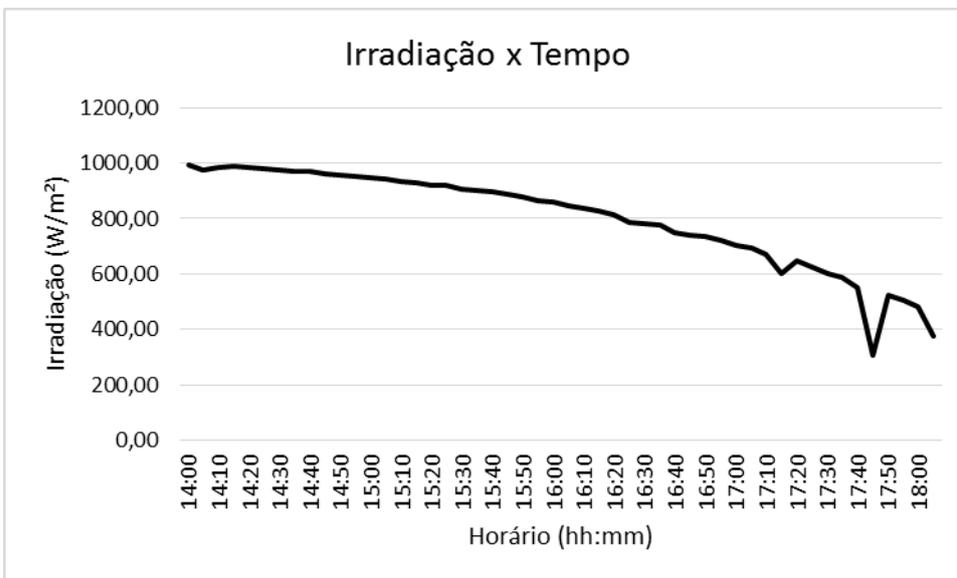
As Fig. 4,5 e 6 exibem as médias de potência gerada, irradiação e temperatura, respectivamente, de um dia com boa irradiação e praticamente sem nuvens, por consequência, com uma média de geração maior, medidas estas realizadas no dia 20 de janeiro de 2016. As Fig. 7,8 e 9 demonstram as mesmas médias, para um dia com boa irradiação, porém com nuvens, o que ocasionou uma maior oscilação na geração de energia elétrica, estas medidas realizadas no dia 01 de abril de 2016. Já as Fig. 10, 11 e 12 apresentam as mesmas médias, mas em um dia com irradiação baixa, e conseqüentemente, potência gerada menor, valores coletados no dia 15 de fevereiro de 2016.

Figura 4 - Potência fornecida pelo painel fotovoltaico no dia 20/01/2016



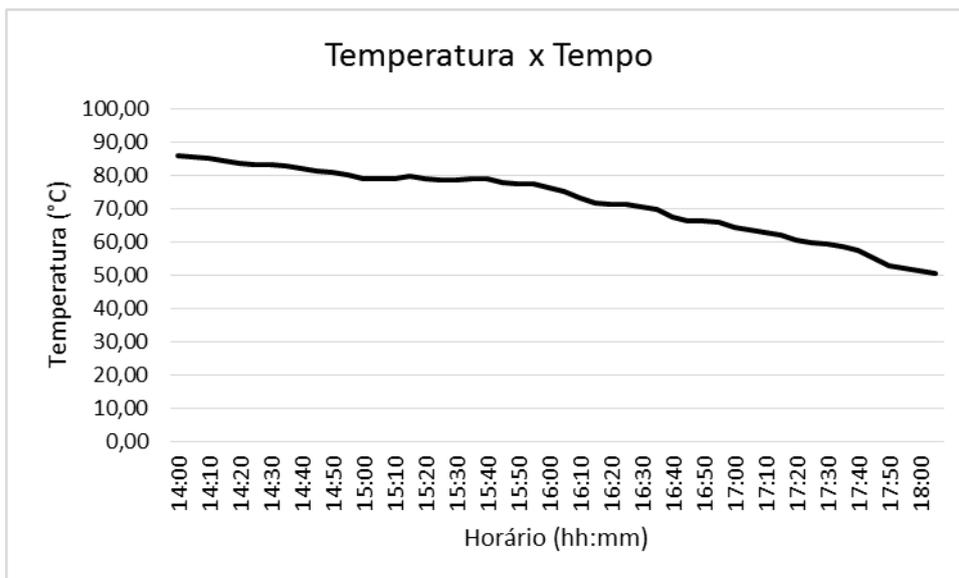
Fonte: autor

Figura 5 - Irradiação incidente no painel fotovoltaico no dia 20/01/2016



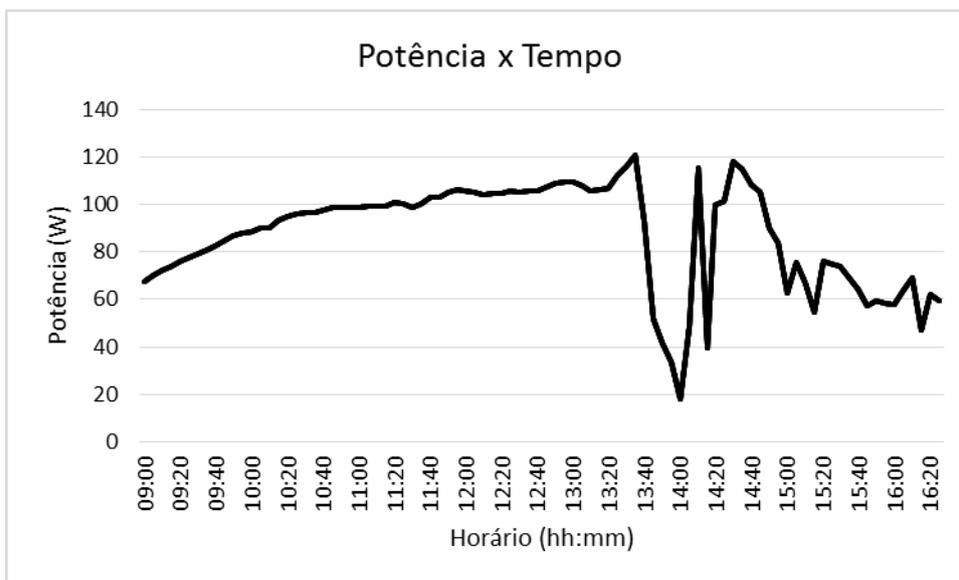
Fonte: autor

Figura 6 - Temperatura do painel fotovoltaico no dia 20/01/2016



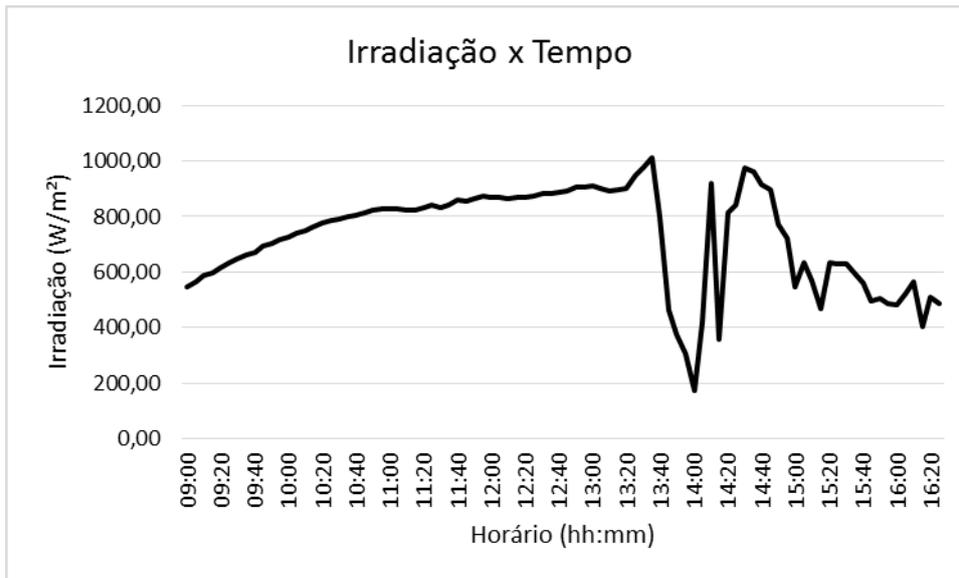
Fonte: autor

Figura 7 - Potência fornecida pelo painel fotovoltaico no dia 01/04/2016



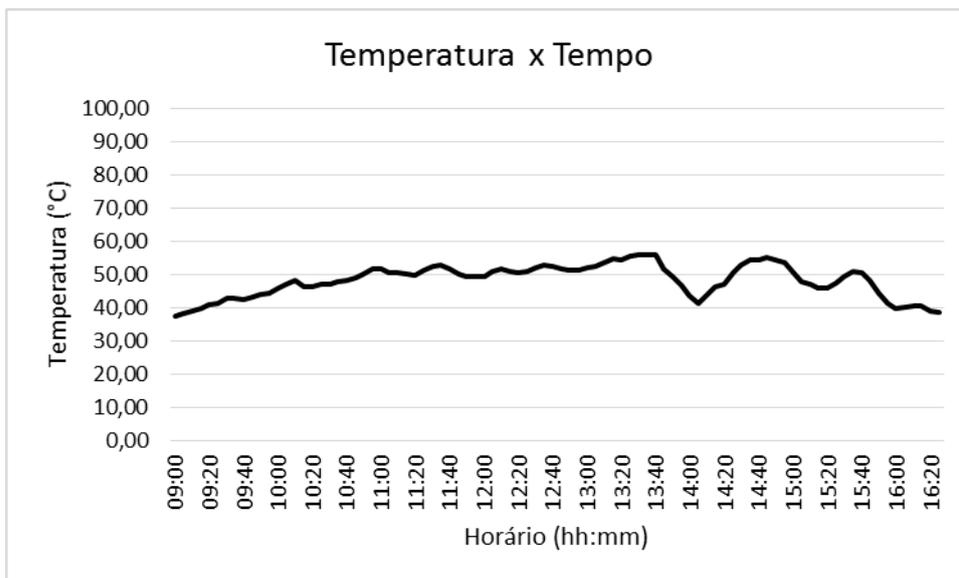
Fonte: autor

Figura 8- Irradiação incidente no painel fotovoltaico no dia 01/04/2016



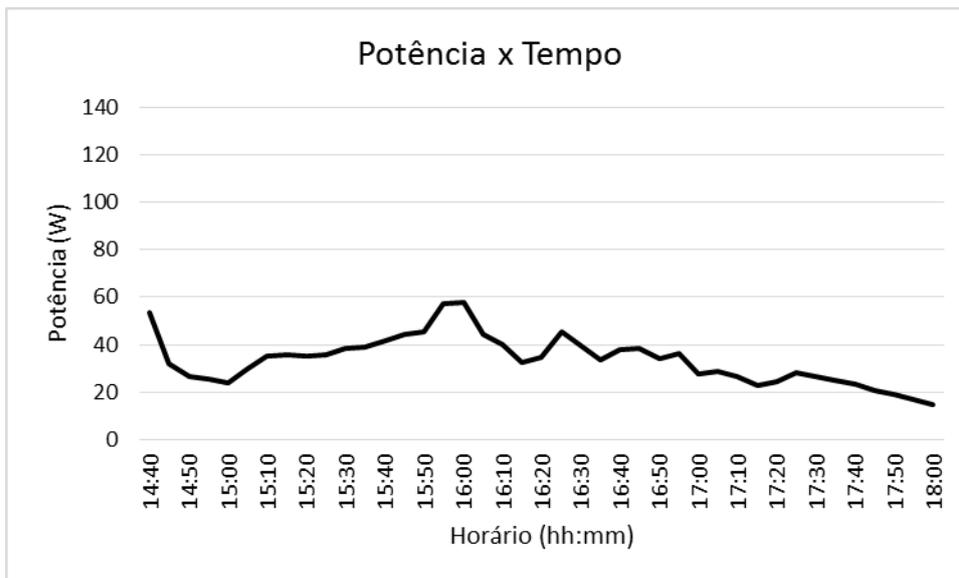
Fonte: autor

Figura 9- Temperatura do painel fotovoltaico no dia 01/04/2016



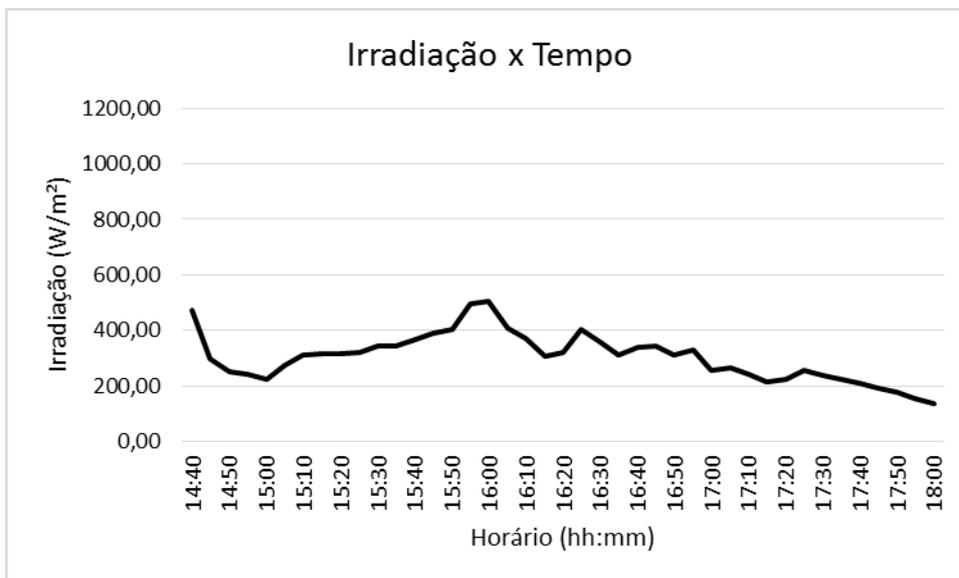
Fonte: autor

Figura 10- Potência fornecida pelo painel fotovoltaico no dia 15/02/2016



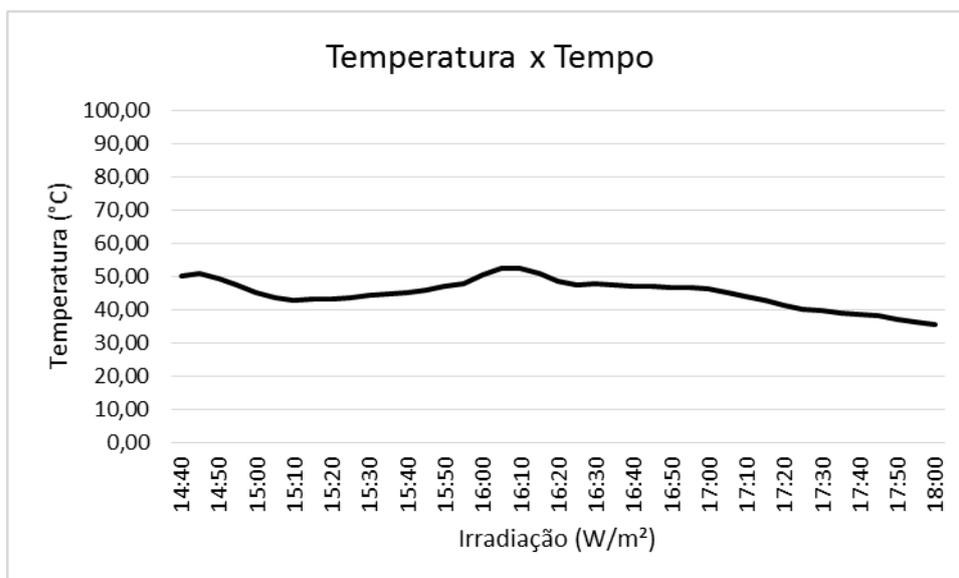
Fonte: autor

Figura 11- Irradiação incidente no painel fotovoltaico no dia 15/02/2016



Fonte: autor

Figura 12- Temperatura do painel fotovoltaico no dia 15/02/2016



Fonte: autor

A potência média, adquirida através da média dos 4 meses de geração, foi de aproximadamente 60,45Wh.

### 3.2 CONSUMO ENERGÉTICO DO CAMPUS II DA URI CAMPUS DE ERECHIM.

De acordo com a metodologia utilizada, foram levantadas as informações de consumo mensal de energia elétrica, no período de outubro de 2014 até setembro de 2015 conforme Tab. 1, que compreendem os últimos 12 meses de leituras realizadas pela concessionária de energia. Verifica-se que os meses de janeiro e fevereiro são os de menor consumo sendo o período de férias.

Tabela 1 - Consumo de energia elétrica do Campus 2 da URI Campus de Erechim.

MÊS	CONSUMO (kW.h)	VALOR CONSUMO MENSAL	VALOR MÉDIO DO kW.h.
out/14	27.889	R\$ 16.914,05	R\$ 0,61
nov/14	28.047	R\$ 17.444,36	R\$ 0,62
dez/14	28.232	R\$ 16.802,02	R\$ 0,60
jan/15	16.634	R\$ 8.861,28	R\$ 0,53
fev/15	16.783	R\$ 10.523,60	R\$ 0,63
mar/15	24.485	R\$ 17.471,43	R\$ 0,71
abr/15	29.413	R\$ 24.694,69	R\$ 0,84
mai/15	29.031	R\$ 25.763,89	R\$ 0,89
jun/15	32.692	R\$ 29.590,17	R\$ 0,91
jul/15	31.459	R\$ 28.845,94	R\$ 0,92
ago/15	51.615	R\$ 23.271,68	R\$ 0,45
set/15	58.912	R\$ 27.782,27	R\$ 0,47

MEDIA	31.266	R\$ 20.663,78	R\$ 0,68
-------	--------	---------------	----------

Fonte: autor

### 3.3 LEVANTAMENTO DAS ÁREAS DE TELHADO DOS PRÉDIOS 1 E 2 DO CAMPUS II

Para o levantamento das áreas de telhados dos prédios, conforme a metodologia utilizada obteve-se uma área de 504 m<sup>2</sup> por prédio, totalizando nos prédios considerados uma área útil de 1008 m<sup>2</sup>.

### 3.4 CONTRIBUIÇÃO DE GERAÇÃO DE ENERGIA POR PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS

Conforme levantamento realizado do potencial de geração de energia elétrica por um painel solar fotovoltaico no item 4.1, e também com os dados de consumo de energia elétrica do campus no item 4.2, verifica-se o total de painéis fotovoltaicos, nestas condições, necessários para suprir esta demanda.

Os resultados de geração de energia elétrica obtidos através do simulador PSIM, considerando a média de geração de energia elétrica de XX meses, foram comparados com a média de consumo do campus. Para este cálculo foi preciso dividir a média de consumo mensal do campus por 30 dias, para obter a média em kW dia. Posteriormente dividiu-se por 24 horas e, em seguida, por 1000, obtendo o valor de consumo em W.h. Este valor pode ser comparado com o valor médio da geração de energia do painel fotovoltaico, que foi de 105,57 W.h, obtendo assim, um total de 413 placas necessárias para suprir a demanda do campus II da Uri-Erechim.

## 4 CONCLUSÕES

O sistema solar fotovoltaico é uma fonte de energia abundante, limpa, renovável e pode ser explorada com grande facilidade. Com o crescimento acelerado da população e a grande preocupação da questão energética mundial, esse sistema entra como uma grande solução. A inserção de fontes renováveis de energia na matriz energética mundial se faz cada vez mais necessária, tendo em vista o aumento crescente da demanda de energia e as preocupações ambientais.

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica trazem uma aplicação promissora para o futuro da geração de energia. A geração distribuída próximo ao consumidor, diminuem gastos de distribuição e transmissão e quando conectadas à rede, não necessitam de dispositivos acumuladores, uma vez que a rede elétrica absorve a energia gerada que não pode ser consumida imediatamente pelo local.

Nos resultados obtidos verifica-se que um sistema solar fotovoltaico instalado no campus 2 da Uri – Erechim, teria seu potencial muito bem aproveitado. Entretanto, a análise em um tempo maior é muito importante, devido que as medições ocorreram somente em um dia ensolarado. Também deve ser analisado a influência das inclinações dos telhados dos prédios do campus, fator esse importante, que pode influenciar diretamente a geração de energia. Assim, o projeto arquitetônico é muito importante para potencializar o aproveitamento da energia solar.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10899:2006** - Energia solar fotovoltaica - Terminologia. 2006.

\_\_\_\_. **NBR 11704:2008** - Sistemas fotovoltaicos - Classificação. 2008.

ABINEE. Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira**. Estudo do Grupo Setorial de Sistemas Fotovoltaicos da Abinee, elaborado pela equipe da LCA Consultores e PSR Soluções e Consultoria em Energia. Junho de 2012.

ALMEIDA, N. S.; LANDIN, E. P.; OLIVEIRA, M. B.; SILVA, W. R. **Energia Solar Fotovoltaica**. 2010. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico em Eletrotécnica) – Unidade Integrada SESI/SENAI de Niquelândia, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Chamada no 013/2011: **Projeto estratégico: “Arranjos Técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”**. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD\\_2011-ChamadaPE13-2011.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD_2011-ChamadaPE13-2011.pdf)>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica**. Caderno Temático ANEEL, 2014. 28 p.

\_\_\_\_. Câmara dos Deputados. Comunicação. Câmara Notícias. Economia. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/camaranoticias/noticias/ECONOMIA/434258-PROJETO-%20CRIA%20INCENTIVOSPARAAPRODUCAODEENERGIASOLAR.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

DEMONTI, R. **Sistema de Co-Geração de Energia a partir de Painéis Fotovoltaicos**. 1998. 106p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – INEP – Instituto de Eletrônica de Potência, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade de Santa Catarina, 1998.

GUIA DA ENERGIA SOLAR. Concurso Solar: Padre Himalaya, 2006.

IEA. International Energy Agency. **Trends in Photovoltaic Applications**. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2010. Photovoltaic Power Systems Programme. Report IEA-PVPS T1-20: 2010. Suíça, 2010.

JUCÁ, S. C. S.; CARVALHO, P. C. M. **Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em Dessalinização**. 1ª Edição. Editora Espaço Científico Livre Projetos Editoriais, Duque de Caxias, RS, 2013.

KAUFMANN, G. V. **Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS.** 2012. 66p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012.

LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: consumo e geração de energia.** Vol. 2. Florianópolis: UFSC, LabEEE. Florianópolis, 2010. 76 p

MARINOSKI, D. L.; SALAMONI, I.T.; RÜTHER, R. Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA/SC. In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável; X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.** São Paulo, 18-21 de julho de 2004.

MME. Ministério de Minas e Energia. **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas.** Relatório do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos – GT – GDSF. Brasília, 2009. 222p.

\_\_\_\_\_. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético nacional 2011: ano Base 2010. Relatório Final.** Rio de Janeiro: EPE, 2011a.

PACHECO, F. **Energias Renováveis: breves conceitos.** Conjuntura e Planejamento, Salvador, BA, SEI, 149, p. 4-11, Outubro de 2006.

PEREIRA, E. B et al. **Atlas brasileiro de energia solar.** 1. Ed. São José dos Campos - SP: INPE, 2006. Vol. 1. 60 p.

OLIVEIRA, S. H. F. **Geração distribuída de eletricidade: Inserção de edificações fotovoltaicas conectadas à rede no Estado de São Paulo.** 2002. 198p. Tese (Doutorado – Programa Inter Unidades de Pós-Graduação em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Escola Politécnica, Faculdade de Economia e Administração, Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.

OPPENHEIM, A. V.; SCHAFER, R. W. **Processamento em tempo discreto de sinais.** 3. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

REIS, L. B. D.; FADIGAS, E. A. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável** Ed. Manole. 2005.

RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil.** Editora UFSC / LABSOLAR, Florianópolis, 2004. 114p.

RÜTHER, R.; KNOB, P. J.; JARDIM, C. D. S.; REBECHI, S. H. Potential of building integrated photovoltaic solar energy generators in assisting daytime peaking feeders in urban areas in Brazil. **Energy Conversion and Management.** Issue 5, v.49, p.6, 2008.

RÜTHER, R. **A Importância das Instituições Acadêmicas para o Desenvolvimento do Setor Fotovoltaico no Brasil.** Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC e Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina – IDEAL. 2012.

**SALAMONI, I. T. Metodologia para cálculo de geração fotovoltaica em áreas urbanas aplicada a Florianópolis e Belo Horizonte.** PPGECC, UFSC, Florianópolis, 2004.

**SANTOS, I. P. Integração de painéis solares fotovoltaicos em edificações residenciais e sua contribuição em um alimentador de energia de zona urbana mista.** 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

**SILVA, V. G. Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros:** diretrizes e base metodológica. 2003. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

**STANKIEWICZ, A. L. Estudo comparativo de técnicas de rastreamento de máxima potência para geração de energia solar fotovoltaica.** 2013. 192p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, 2013.

**TORRES, C. R. Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais.** 2012. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2012.

**ZOMER, C. D. Megawatt solar: Geração solar fotovoltaica integrada a uma edificação inserida em meio urbano e conectada à rede elétrica. Estudo de caso: edifício sede da Eletrosul, Florianópolis - Santa Catarina.** 2010. 177p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, 2010.