

# AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA EFICIÊNCIA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

**Gustavo Jorge Silva** – gustavo.jorge09@gmail.com

Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira

**Waner Wodson A. G. Silva** – waner@unifei.edu.br

Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira

**Geovane Luciano dos Reis** – geovanereis@unifei.edu.br

Universidade Federal de Itajubá – Campus Itabira

**Welbert Alves Rodrigues** – welbert@deelt.ufop.br

DEELT - Departamento de Engenharia Elétrica - ICEA/UFOP

**Resumo.** Ao longo dos anos a matriz energética mundial tem se modificado. As gerações limpas com baixas emissões de carbono vêm ganhando destaque. A preocupação com o meio ambiente, têm-se tornado foco das discussões na geração de energia, pois é necessário gerar energia elétrica de uma maneira mais limpa possível. A energia fotovoltaica se enquadra no contexto de geração limpa, pois a conversão de energia não polui o meio ambiente. Ainda pouco explorado, na grande maioria dos países, ela é uma tecnologia considerada cara, por conta disso é necessário encontrar métodos que diminuam seu custo benefício. Neste trabalho é avaliado a influência da temperatura na eficiência da célula fotovoltaica, e como aumentar a sua eficiência através do resfriamento.

**Palavras-chave:** Fator de forma, Célula fotovoltaica, Temperatura.

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica utilizando fontes renováveis tem-se aumentado vertiginosamente. Existe uma grande preocupação mundial em reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, que é um dos gases responsáveis pelo efeito estufa. Por conta disso, a produção de energia elétrica, utilizando células fotovoltaicas tem ganhado destaque, estima-se que no ano de 2014 o potencial de geração fotovoltaico instalado mundialmente foi de 40 GW (International Energy Agency - IEA, 2015).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2005), atualmente no Brasil, somente 0,02% da matriz energética é dependente da geração fotovoltaica. Isso é devido principalmente ao seu alto custo de implantação. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2014) nesse sentido, busca-se uma maneira de tornar mais rápida a amortização de gastos, para que a utilização de geração distribuída a partir da célula fotovoltaica se torne mais popular.

## 2. A PLACA FOTOVOLTAICA

Segundo SEGUEL (2009) e SPERTINO (2014) atualmente as principais células fotovoltaicas fabricadas são de silício cristalino (c-Si) que possuem dois tipos: monocristalino (M-Si) e o poli cristalino (p-Si), silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), telureto de cádmio (CdTe) e disselento de cobre, índio e gálio (CIGS). A tecnologia mais tradicional e que ainda hoje apresenta maior escala de produção a nível comercial é a de silício cristalino (c-Si).

Existem diversas maneiras de se modelar a célula fotovoltaica. Um deste método é chamado de “Single Diode Model” (SDM). Existe também o modelo chamado de “Ideal Single Diode Model”, (ISDM), onde é omitido a resistência série e shunt da placa. Esses dois modelos são exemplificados na Fig. 1a e Fig. 1b.

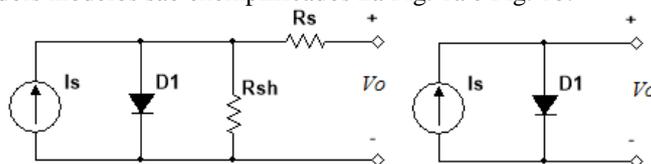


Figura 1 – Modelo da célula fotovoltaica. a) SDM b) ISDM.

Descrevendo o modelo SDM, tem-se:

$R_s$ : Descreve as perdas ôhmicas do material semicondutor, nos contatos metálicos e no contato do metal com o semicondutor;

$R_{sh}$ : Descreve as perdas que surgem principalmente através das perturbações elétricas causada por impurezas e defeitos na estrutura cristalina;

$I_s$ : Representa a corrente gerada a uma determinada insolação;

$D_1$ : A junção P-N;

$V_o$ : A tensão nos terminais de saída de uma célula.

Englobando as equações características do diodo tem-se na Eq. (1), que é a corrente fornecida por uma célula solar ao circuito externo ( $I_{sc}$ ), verificado na Fig. 2.

$$I = I_s - I_o \cdot \left[ e^{\frac{q(V+IR_s)}{AKT}} - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_{sh}} \quad (1)$$

Onde:

- $I_s$ : Corrente de carga;
- $I_o$ : Corrente de saturação reversa do diodo;
- $q$ : Carga do elétron –  $160.10^{-21}$  C;
- $K$ : Constante de Boltzmann –  $13,8.10^8$  J/K;
- $T$ : Temperatura absoluta k;
- $A$ : Constante de idealidade do diodo – número adimensional geralmente entre 1 e 2;
- $V$ : Tensão nos terminais de saída da célula.

A corrente de curto circuito da placa fotovoltaica, para uma dada temperatura, é relacionada por Eq. (2):

$$I_{SC}(T) = (I_{SC} + \alpha \cdot \Delta T) \cdot \frac{S}{1000} \quad (2)$$

Onde:

- $\alpha$ : Coeficiente de temperatura da corrente de curto-circuito;
- $S$ : Radiação incidente em W/m<sup>2</sup>;
- $I_{SC}$ : Corrente de curto-circuito da célula na *Standard Test Conditions (STC)*, irradiação igual a 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura do módulo em 25°C e massa absoluta de ar equivalente a 1,5.
- $\Delta T$ : Temperatura de operação (°C) – 25 °C.

A análise da eficiência da placa é realizada pelo Fator de Forma (FF). O FF é a grandeza que expressa o quanto a curva característica do painel se aproxima de um retângulo no diagrama I-V. Quanto melhor a qualidade das células no módulo, mais retangular será a curva I-V como mostra a Fig. 2. Assumindo que a célula fotovoltaica se comporta como um diodo ideal, é possível calcular o FF da placa com Eq. (3):

$$FF = \frac{V_{MPP}}{V_{OC}} \cdot \frac{I_{MPP}}{I_{SC}} \quad (3)$$

Onde:

- $I_{MPP}$ : Ponto de máxima corrente;
- $V_{PMAX}$ : Ponto de máxima tensão;
- $I_{SC}$ : Corrente de curto circuito;
- $V_{OC}$ : Tensão de circuito aberto.

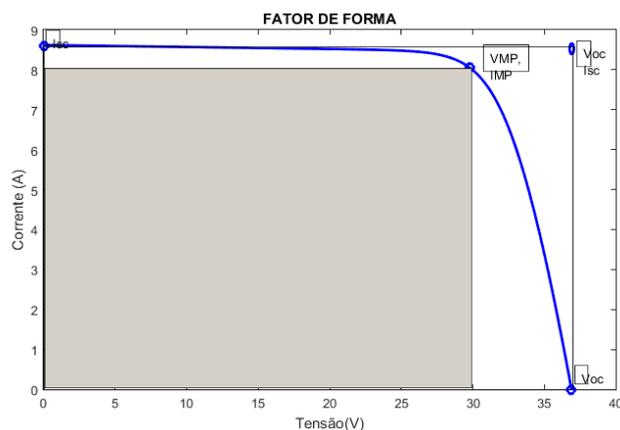


Figura 2 – Fator de forma de uma célula fotovoltaica.

Para o cálculo do rendimento, é utilizado a Eq. (4):

$$\eta = \frac{P_{MAX}}{P_{IN}} = \frac{I_{SC} \cdot V_{OC} \cdot FF}{P_{IN}} \quad (4)$$

Com a variação da temperatura, a corrente de curto circuito pouco se altera, porém a tensão de operação das células sofre uma grande variação. Quando a temperatura é elevada, mantendo a irradiação constante, tem-se uma ligeira elevação dos valores de  $I_{SC}$  e de  $I_{MPP}$ , porém os valores de  $V_{P_{MAX}}$  e  $V_{OC}$  decaem, reduzindo em cerca de 0,5% / °C a eficiência da placa.

### 3. FATORES QUE INFLUENCIAM NO RENDIMENTO DA CÉLULA SOLAR

As placas fotovoltaicas possuem um rendimento máximo em torno dos 18,5 % conforme Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme – ISE (2015). A  $R_s$  está diretamente ligada a redução da corrente de curto circuito, que afetará o fator de forma da célula, reduzindo então seu rendimento. Já a  $R_{sh}$  afeta o FF, reduzindo a tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ), sem afetar a  $I_{sc}$ .

A irradiação solar está diretamente atrelada a corrente elétrica do painel, quanto maior é a irradiação, mais corrente é possível drenar pelo conjunto fotovoltaico, como apresenta a Fig. 4. Outro fator de eficiência do painel é que ele necessita de uma excitação mínima (irradiação mínima) para gerar energia, o que faz com que em dias de baixa irradiação, a geração elétrica seja muita abaixo da potência nominal.

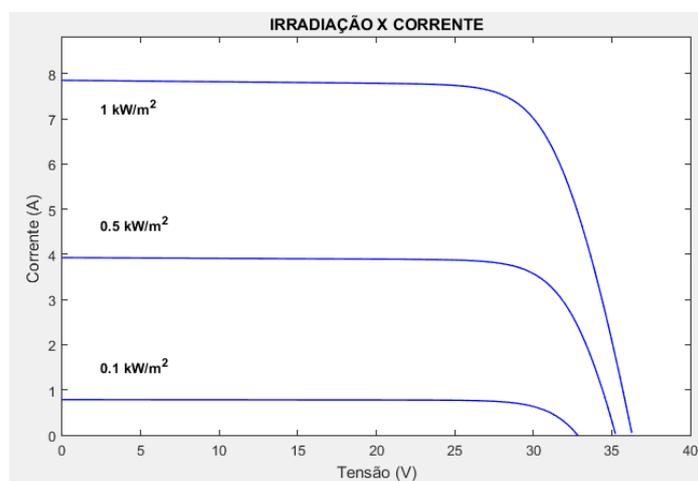


Figura 3 – Influência da irradiação no painel fotovoltaico.

Outro fator é a influência da temperatura. Quando a temperatura é elevada, tem-se a elevação da movimentação de elétrons da banda de valência para a banda de condução do material, mais elétrons estão sendo excitados do estado fundamental para um nível de energia maior, levando então a redução do *gap* de energia necessária para a condução. Isto provoca a redução da tensão de operação do conjunto de painéis, reduzindo então a potência total gerada, como apresentado na Fig. 3.

Para se realizar uma estimativa do quanto a temperatura altera a tensão de operação da placa, deve-se levar em consideração alguns parâmetros.

- Parâmetro  $\beta$ : Representa a variação da tensão de circuito aberto com a temperatura. É obtido através do FF da placa, mas no geral é fornecido pelo fabricante da placa fotovoltaica.

$$\beta = \frac{\Delta V_{oc}}{\Delta T} \left[ -\frac{V}{^{\circ}C} \right] \quad (5)$$

- Coeficiente  $\alpha$ : Relaciona a variação da corrente de curto-circuito com a temperatura. É obtido através do FF da placa, e também é fornecido pelo fabricante.

$$\alpha = \frac{\Delta I_{sc}}{\Delta T} \left[ \frac{A}{^{\circ}C} \right] \quad (6)$$

- Coeficiente  $\gamma$ : Representa a variação da máxima potência de pico com a temperatura. Esse coeficiente assume valores de - 0,5 %/°C para painéis feitos de c-Si.

Utilizando os coeficientes, pode-se calcular a  $V_{oc}$  e  $I_{sc}$  com (7) e (8):

$$V_{oc}(T) = V_{oc p} \cdot (1 + \beta \cdot (T - 25)) \quad (7)$$

$$I_{sc} = I_{sc p} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad (8)$$

Utilizando Eq. (7) e Eq. (8), pode-se descrever o ponto de máxima potência, utilizando (10):

$$P_{MP}(T) = V_{MPP} \cdot (1 + \beta_{VMP} \cdot \Delta T) \cdot I_{MPP} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) = V_{MPP} \cdot I_{MPP} \cdot (1 + (\alpha + \beta_{VMP}) \cdot \Delta T) \quad (9)$$

A Fig. 4a e Fig. 4b, demonstram a influência da temperatura na  $V_{oc}$ ,  $I_{sc}$ , onde 4.a mostra que a variação da tensão pela temperatura é inversamente proporcional e 4.b, a relação da corrente com a temperatura, diretamente proporcional e menor com pouca inclinação na reta.

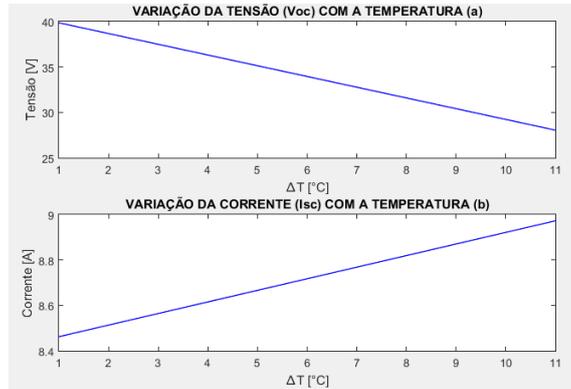


Figura 4 – Variação de Voc e Isc com a temperatura. (a) Variação de Voc com a temperatura. (b) Variação de Isc com a temperatura.

Nota-se que a tensão sofre uma grande variação com a temperatura. Derivando

Eq. (9) em relação a  $\Delta T$ , é possível verificar a variação de potência em relação a variação de temperatura na Eq. (10).

$$\frac{\partial P_{MP}}{\partial \Delta T} = V_{MPP} \cdot I_{MPP} \cdot \alpha + V_{MPP} \cdot I_{MPP} \cdot \beta_{VMP} = -0,46 \left[ \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} \right] \quad (10)$$

Isso expressa que a cada grau Celsius, a potência de saída da placa varia -0,46%. Em (11) foi utilizado valores de  $\alpha$ ,  $\beta$ , tensões e correntes da placa Kyocera KD240GX-LFB. Caso seja desconhecido o valor de  $\alpha$  e  $\beta$  é possível utilizar o valor de  $\alpha = 0,004$  e  $\beta = -0,0023$  para células fabricadas de c-Si segundo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL (2014).

O fator de forma sofre influência da temperatura. Isto pode ser verificado na Fig. 5.

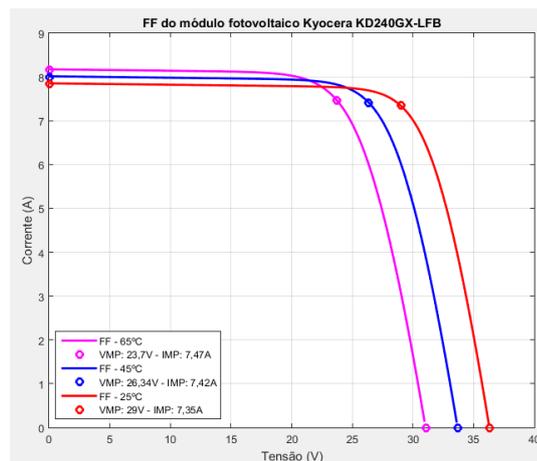


Figura 5 – Fator de forma em diferentes temperaturas e irradiação fixa no módulo Kyocera 240GX-LFB.

Utilizando Eq. (3) e Eq. (4), é calculado na Tab. 1, o fator de forma e o rendimento para as três temperaturas com potência de entrada equivalente a  $1000\text{W/m}^2$ .

**Tabela 1** – Fator de forma e rendimento calculados, com a variação da temperatura de operação.

<b>Temperatura [°C]:</b>	25	45	65
<b>Fator de forma:</b>	0,67	0,61	0,55
<b>Rendimento [%]:</b>	12,95	11,87	10,76

Como pode ser observado, quanto maior a temperatura de operação, menor é o fator de forma e também o rendimento da placa. Deve-se atentar que o rendimento encontrado é superior ao informado pelo fabricante, porém este é um cálculo obtido através de uma simulação, não levando em consideração influências externas, como a velocidade do vento. É notável que quanto menor a temperatura de operação e maior irradiação, mais próximo a 1 é o fator de forma, devido a isso, melhor é o rendimento.

Segundo ISE (2015), o máximo de eficiência alcançada em laboratório de uma célula fotovoltaica construída de poli-Si é de 20,8 %. Já uma célula comercial possui sua eficiência em 18,5 %. Esses valores são para as células instaladas em ambientes como telhados e grandes usinas fotovoltaicas, sem nenhum tipo de resfriamento ou controle da potência gerada. Uma forma de aumentar a eficiência é através do seu resfriamento. Com um conjunto fotovoltaico operando em temperaturas reduzidas, é possível extrair uma potência maior do que se estivesse sem resfriamento conforme deduzido em Eq. (11) ISE (2015).

### 3.1. ESTUDO DE CASO

Para efeito comparativo, tem-se o seguinte exemplo:

Um sistema fotovoltaico comercializado para atender uma residência é composto por um conjunto com 6 painéis solares, com potência de pico de 1,5 kWp, com 17 % de eficiência, instalados e conectados à rede, seu custo é de aproximadamente R\$ 15.500,00. Em Itabira, a média anual de horas com sol em um dia, é de 6 horas ANEEL (2005). Considerando que o inversor de frequência possui uma eficiência de 97 % de conversão, em um mês tem-se que esse conjunto fotovoltaico gerou em torno de 261,9 kWh. Em um ano, 3.142 MWh e em sua vida útil, que é estimada de 20 anos, o conjunto gerou em torno de 62,856 MWh. Desconsiderando a depreciação do sistema e tomando como referência o kWh a R\$ 0,80, tem-se que o tempo de *payback* desse sistema é de 74 meses.

Esse mesmo conjunto, nas mesmas condições com o incremento de um sistema de refrigeração com sua temperatura de operação reduzida em 20 °C, utilizando o fator  $\gamma$  que é de -0,5 % / °C, a eficiência da placa se elevaria em 10 %. Nesse sistema, em um mês serão gerados 288,09 kWh. Em um ano 3,456 MWh e em sua vida útil 69.1416 MWh. Realizando a mesma comparação anterior de *payback*, esse sistema se pagará em 68 meses. Considerando o tempo de vida útil, o sistema refrigerado geraria 10% mais energia e representaria um ganho financeiro de até R\$ 5.000 reais. A Tabela I apresenta a comparação entre o sistema normal e com resfriamento.

**Tabela 2** – Comparação entre um sistema de geração fotovoltaico sem e com refrigeração.

	<b>Sem resfriamento</b>	<b>Com resfriamento</b>
<b>Energia mensal</b>	261,9 kWh	288,09 kWh
<b>Energia anual</b>	3,142 MWh	3,456 MWh
<b>Energia em 20 anos</b>	62,856 MWh	69,1416 MWh
<b><i>Payback</i></b>	74 meses	68 meses

No Brasil, um dos maiores empreendimentos fotovoltaico, está localizado na Bahia, é o Estádio Roberto Santos, mais conhecido como Estádio de Pituáçu. Esse estádio é de pequeno porte com capacidade de aproximadamente 32.000 espectadores, possui geração instalada de aproximadamente 405 kWp. Segundo a Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA, os painéis foram instalados na cobertura e estacionamento e geram atualmente cerca de 633 MWh anuais. A maior parte da energia, cerca de 52,5 MWh/mês, é consumida no próprio estádio, o restante aproximadamente 22,8 MWh/mês, é utilizada para abater na conta de energia elétrica de outros órgãos públicos, como a Secretaria Estadual do Trabalho, Emprego, Renda e Esporte (SETRE). A COELBA estima que o estado irá deixar de gastar cerca de R\$ 120.000,00 anualmente por conta desse sistema.

Com o resfriamento dos painéis em 20 °C, é possível elevar em 63,3 MWh/ano a geração de energia elétrica no estádio Pituáçu. Energia que poderá ser destinada para suprir outros órgãos públicos, reduzindo os gastos públicos com energia e economizando um total de R\$ 132.000,00 anuais.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de energia elétrica residencial na região nordeste, no mês de agosto de 2015, foi de aproximadamente 2 GWh. Com a elevação de 10% na eficiência dos painéis de Pituáçu, seria possível gerar 3,16 % o consumo total de energia elétrica da região nordeste, somente em uma única usina fotovoltaica. O impacto do resfriamento na geração é grande.

Em uma usina fotovoltaica de potência instalada de 3 kWp, situada em Belo Horizonte/MG foi monitorado o perfil de geração diário. Como pode ser observado na Fig. 6a, em um dia ensolarado não foi alcançado a máxima geração instalada. Já na Fig. 6b, tem-se a geração em um dia ensolarado, porém chuvoso. Como pode ser observado, em certos instantes no dia, a potência gerada foi equivalente a potência instalada. Isto se deve a redução da temperatura do painel

fotovoltaico. Um conjunto fotovoltaico opera em uma temperatura média de 60 °C, porém ele é especificado para uma temperatura de operação em 25 °C.

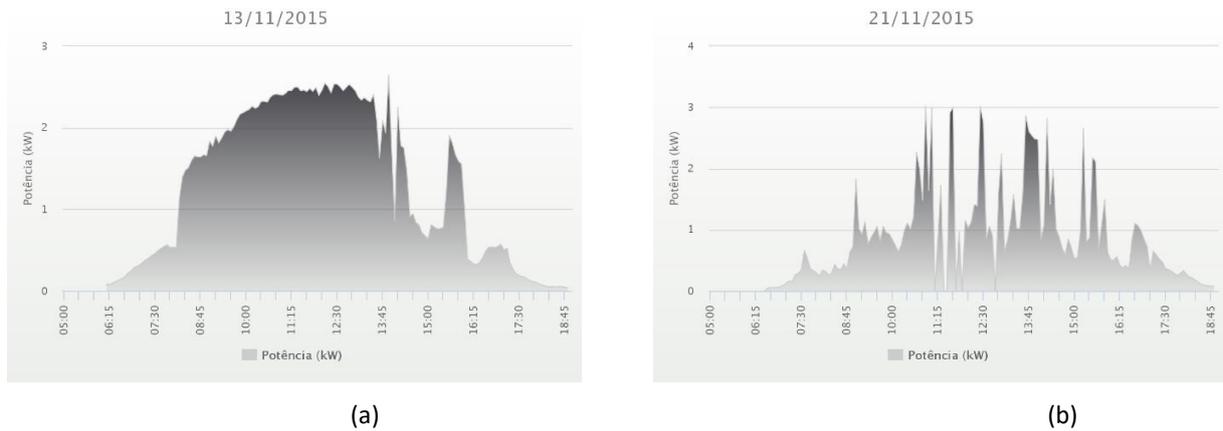


Figura 6 – Perfil de geração diário. (a) Dia ensolarado (b) Dia ensolarado chuvoso.

Como dito anteriormente, a cada grau de elevação da temperatura, é reduzido em 0,5 % sua eficiência. Para o conjunto monitorado de 3 kW<sub>p</sub>, operando em *STC* (25 °C – 1000 W/m<sup>2</sup>), a potência fornecida é de 3000W. Este mesmo conjunto operando em 60 °C, ou seja uma elevação de 35 °C, tem como consequência a redução de 17,5 % de eficiência, a potência total gerada é de somente 2475 W, como pode ser verificado na Fig. 6a. Em um dia ensolarado e chuvoso, Fig. 6b, o conjunto atingiu a potência máxima de geração. Isto é devido a redução da temperatura de operação dos conjuntos. Em dias ensolarados como no verão existe uma perda de geração de aproximadamente 17 % devido a temperatura de operação dos conjuntos fotovoltaicos, quanto menor a temperatura de operação, maior é a potência extraída dos conjuntos. Este é o motivo de poucas vezes a usina fotovoltaica gerar a potência máxima, pois quanto maior a irradiação no painel, maior é a temperatura de operação e menor sua eficiência.

#### 4. EXPERIMENTO: REDUÇÃO DA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO DO PAINEL UTILIZANDO ÁGUA CORRENTE

Para a redução de temperatura do painel fotovoltaico, foi desenvolvido um sistema de refrigeração com água corrente para verificar experimentalmente o resultado teórico do ganho de potência. O mecanismo de refrigeração consistiu de um cano de 1/2” de 8 metros, com furos igualmente espaçados e alinhados de diâmetro de 2 mm, com conexões para mangueira de água em suas duas extremidades. O sistema foi fixado juntamente a um conjunto de painéis fotovoltaicos na borda superior dos mesmos, como mostra a Fig. 6. A Fig. 7 apresenta o local onde foram instalados os arranjos fotovoltaicos para o experimento, na Figura 10, apresenta o sistema resfriando o painel através da água que flui pelos orifícios feito no cano e percorrendo a superfície do módulo. A camada de água que percorre a superfície dos painéis, não altera a irradiação incidente sobre a placa.

O conjunto de painéis utilizado nos dois arranjos fotovoltaicos foi o Kyocera KD240GX-LFB. Cada arranjo é composto de 6 módulos de 240 W. Um arranjo foi resfriado e o outro se manteve suas condições normais.



(a)



(b)

Figura 7 – Módulos fotovoltaicos (a) arranjo resfriado, (b) arranjo não resfriado.

Foram utilizados dois inversores PHB 1500SS fazendo a conexão do sistema à rede elétrica do laboratório da Instituição, um termopar NI USB-TC01 foi instalado na posição traseira de um módulo de cada arranjo. A potência gerada

foi medida com o analisador de qualidade Fluke 435. A coleta de dados foi feita em intervalos regulares de 10 s durante 90 minutos. Nesse intervalo foram registrados, os respectivos valores, de potência de geração e temperatura dos painéis.

Com os painéis limpos e a instrumentação devidamente instalada, foi escolhido um dia com uma grande irradiação solar, com temperatura de 30 °C, umidade de 50 %, céu limpo conforme indicado pela estação meteorológica da instituição. O teste foi realizado visando o período de maior irradiação e temperatura, que é próximo das 12 horas.



Figura 8 – Sistema de refrigeração instalado e funcionando em um conjunto de painéis fotovoltaicos.

## 5. RESULTADOS

O sistema de refrigeração se mostrou eficiente. Utilizando o  $\gamma$  fornecido pelo fabricante, que é de  $-0,46 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ , foi possível verificar que o conjunto fotovoltaico apresentou um ganho de eficiência de 10,9%, com uma diferença de temperatura de 23,7 °C, que era o esperado. Abaixo, a Tabela II apresenta algumas diferenças de temperatura, potência e ganho de eficiência. Os três conjuntos de valores amostrados ocorreram em três níveis diferentes de irradiações.

Tabela 3 – Verificação de resultados.

	Conjunto não resfriado	Conjunto resfriado	Conjunto não resfriado	Conjunto resfriado	Conjunto não resfriado	Conjunto resfriado
<b>Potência [W]</b>	1046	1161	864	892	916	963
<b>Temperatura [°C]</b>	51,5	27,8	48,2	40,8	49,2	36,9
<b>Ganho de eficiência prático [%]</b>	10,9		3,24		5,13	
<b>Ganho de eficiência teórico [%]</b>	10,9		3,4		5,65	

Como pode ser visualizado na Fig. 9, é possível verificar que submetidos às mesmas condições climáticas, o painel que operou a uma temperatura inferior, ofereceu uma potência de saída maior. Quando submetidos à mesma temperatura, as potências de saída se igualaram. Esta diferença de potência é devida justamente pelo aumento da eficiência do conjunto fotovoltaico.

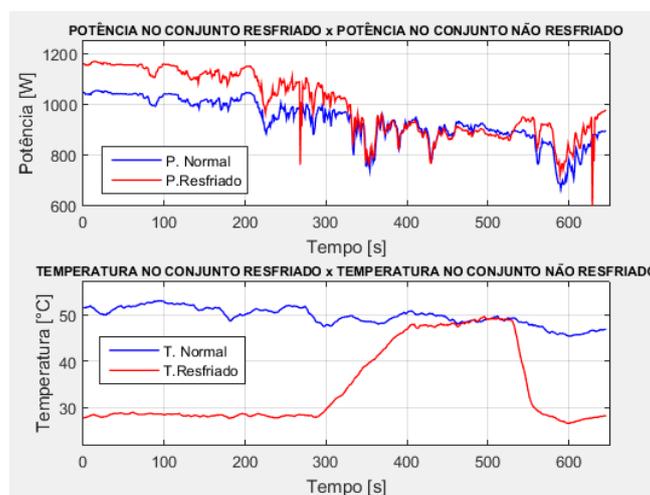


Figura 9 – Variação da potência e variação da temperatura.

### 5.1. Opções de resfriamento

O ganho de eficiência com o sistema de refrigeração desenvolvido se mostrou de acordo com os resultados esperados. Com essa opção de refrigeração foi possível reduzir em até 24 °C a temperatura de operação do painel. O problema de se utilizar esse sistema é o grande volume de água corrente, e mesmo que se utilizasse algum tipo de reutilização dessa água, seria necessário ter água o suficiente para repor as perdas por evaporação. Por isso, encontra-se em fase de testes um sistema de resfriamento utilizando água, porém em um sistema fechado.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados os aspectos mais relevantes sobre a eficiência dos painéis fotovoltaicos. No geral, os painéis fotovoltaicos apresentam uma eficiência muito baixa e um custo de implantação muito alto. É necessário avançar nos estudos sobre este tipo de geração e resfriamento, já que os resultados foram positivos.

Segundo a (EPE, 2014), o Brasil possui um potencial fotovoltaico residencial de 230% o seu consumo atual, e somente 0,02 % da matriz energética brasileira é fotovoltaica. Segundo a International Energy Agency - IEA (2015) de 2015 a 2040 é previsto que o mundo invista cerca de 200 bilhões de dólares anualmente neste tipo de geração. Todo esse investimento é buscando uma redução da poluição mundial. O que move o mundo é a energia, e é necessário ter uma matriz energética limpa para a sustentabilidade do mesmo. Elevar a eficiência das células fotovoltaica também é um meio de buscar a sustentabilidade do meio ambiente.

### Agradecimentos

Gostaria de agradecer o professor orientador MSc. Waner Wodson pelo empenho, profissionalismo e comprometimento em me auxiliar a desenvolver este trabalho. Também fica o agradecimento a Universidade Federal de Itajubá - Campus Itabira, pela disponibilização da estrutura dos laboratórios e aos técnicos e responsáveis pelos mesmos. Agradecer também a PHB pelo fornecimento dos inversores para sistema solar.

Aos meus pais e familiares, muito obrigado pelo apoio e conselhos durante o tempo de desenvolvimento do trabalho e graduação, pois foram e são parte fundamental da minha formação pessoal e profissional.

## REFERÊNCIAS

- Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia - COELBA. Disponível em: <http://www.coelba.com.br/Noticias/Pages/Coelba-Inaugura-Centro-de-Visita%20-%20Sobre-Energia-Solar-no-Est%20-%20Idio-de-Pitua%20-%20.aspx>. Acesso em 09/10/2015.
- Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Atlas de Energia Elétrica do Brasil, 2ª Ed. Brasília-DF, 2005.
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme – ISE. Photovoltaics Report. Freiburg, 17 November 2015. Disponível em: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/downloads/pdf-files/aktuelles/photovoltaics-report-in-englischer-sprache.pdf>. Acesso em 09/10/2015.
- Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, Grupo de Trabalho de Energia Solar, Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos, 2014 pp. 103-142
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Nota Técnica DEA 19/14 - Série Recursos Energéticos: Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos, 2014.
- International Energy Agency – IEA. World Energy Outlook Special Report. Energy and Climate Change 2015.
- SEGUEL, J. “Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital”. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Belo Horizonte, 2009.
- SPERTINO, F. Structure and Operation of the Solar Cell. Lecture notes. Politecnico di Torino.

## TEMPERATURE EVALUATION ON PHOTOVOLTAIC PANELS EFFICIENCY

**Abstract.** *Over the years the world energetic matrix has modified. The clean generations with low carbon emissions are in the top of the attention. The worries about the environmental became the focus of electrical generation and it's necessary generate energy as cleaner as possible. The photovoltaic energy is considered a clean energy, the energy conversion does not pollute the environment. Still little explored, it's a technology considered expensive, because of it, is necessary find methods to reduce his cost benefits. Is this paper is evaluated the temperature influence in photovoltaic cells and a way to improve his efficiency through cooling.*

**Key words:** *Fill Factor, Photovoltaic cell, Temperature.*