



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE
EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS JARAGUÁ DO SUL**

**AUGUSTO HENRIQUE BORGERT
GABRIEL WEBER BALBINOT
GENÉSIO FERREIRA DO NASCIMENTO NETO
MARCO ANTÔNIO DALL' IGNA PAIM**

**UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS NO INSTITUTO
FEDERAL DE SANTA CATARINA CAMPUS JARAGUÁ DO SUL**

**JARAGUÁ DO SUL
2015**

AUGUSTO HENRIQUE BORGERT
GABRIEL WEBER BALBINOT
GENÉSIO FERREIRA DO NASCIMENTO NETO
MARCO ANTÔNIO DALL' IGNA PAIM

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE CÉLULAS
FOTOVOLTAICAS NO CAMPUS DO IFSC DE JARAGUA DO SUL

Projeto de pesquisa desenvolvida no
eixo formativo diversificado
"Conectando Saberes" do Curso
Técnico em Química (Modalidade
Integrado) do Instituto Federal Santa
Catarina – Campus Jaraguá do Sul.

Orientador : Edson Luis Guinter

JARAGUÁ DO SUL
2015

SUMÁRIO

1. TEMA.....	4
2. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	4
3. PROBLEMA.....	4
4. HIPÓTESES.....	4
5. OBJETIVO.....	4
5.1 OBJETIVOS GERAIS.....	4
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
6. JUSTIFICATIVA.....	5
7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
7.1 UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS SOLARES.....	6
7.2 COMO FUNCIONAM OS GERADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	8
7.3 HISTÓRIA DA CÉLULA FOTOVOLTAICA.....	10
7.4 AVANÇO NA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA	11
8. METODOLOGIA.....	12
9. CRONOGRAMA.....	12
10. REFERÊNCIA.....	13

1. TEMA

Painéis fotovoltaicos.

2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

A utilização de painéis fotovoltaicos no Instituto Federal de Santa Catarina em Jaraguá do Sul - SC.

3. PROBLEMA

Atualmente, não há em nosso câmpus nenhum projeto que vise a utilização de fontes renováveis de energia.

4. HIPÓTESES

- A demanda por energia elétrica do bloco A do campûs do IFSC de Jaraguá do Sul - Centro - justifica a instalação de painéis solares;
- A infraestrutura do bloco A possibilita a execução de um projeto que visa a instalação de células fotovoltaicas;
- as características de incidência solar da região permitem a instalação de painéis de conversão de energia.

5. OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem o objetivo de apresentar um projeto de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica para o bloco A do câmpus do IFSC de Jaraguá do Sul.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantamento de carga do bloco A de forma a modelar o consumo de energia o mais próximo possível da realidade;
- Verificar os preços dos equipamentos e do serviço de instalação;
- Analisar a legislação vigente sobre a instalação de tais equipamentos;
- Compreender o funcionamento de painéis solares;

6. JUSTIFICATIVA

Apesar do país possuir um vasto potencial para sua aplicação, a energia elétrica obtida de painéis fotovoltaicos ainda precisa superar algumas barreiras como, por exemplo, a falta de políticas públicas que venham a contemplar esta modalidade a longo prazo (JANNUZZI; VARELLA; GOMES, 2009).

A energia solar fotovoltaica é uma fonte limpa, renovável e necessita de pouca manutenção. Mesmo com a redução de preços dos equipamentos utilizados em projetos de utilização de painéis fotovoltaicos nos últimos anos, o grande potencial de utilização desta fonte de energia em nossa região e a atual conjuntura econômica, em que os preços pagos pela energia elétrica atinge elevados valores, falta, em nosso câmpus, um projeto que vise a utilização de fontes renováveis de energia.

7. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

7.1 UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Muitos países mantinham, em 2008, programas oficiais para expansão das chamadas fontes renováveis de energia. Mas, as duas principais fontes - hidroelétricas e a biomassa – não apresentavam significativo potencial de expansão. Assim, as pesquisas e aplicações acabaram por beneficiar o grupo chamado “Outras Fontes” ou “fontes alternativas”. Como ocorre com as demais participantes do grupo “Outras Fontes”, a participação da energia solar ainda é pequena na matriz mundial. Ainda assim, ela aumentou mais de 2.000% entre 1996 e 2006. (ANEEL, 2008).

O consumo de energia elétrica vem aumentando significativamente ao longo dos anos, enquanto os meios de produção de energia elétrica convencionais como usinas nucleares, hidroelétricas, e a queima de combustíveis fósseis que são exemplos de meios de produção de energia elétrica convencionais, vêm se tornando ecologicamente inviáveis por emitirem gases e resíduos poluentes como também devastação por meio do represamento das águas. Com isso a utilização de fontes de energia renováveis tem ganhado cada vez mais o incentivo do governo, assim como, um aumento significativo da utilização desses meios alternativos.(ANEEL, 2008)

A energia produzida por painéis fotovoltaicos é uma das que mais cresce em função de ser utilizada não apenas em grandes escalas, mas também em pequenas escalas como casas e apartamentos denominadas cogerações, as quais, geralmente, estão interligadas com a rede elétrica local, recebendo alguns benefícios pela energia gerada, esses benefícios podem ser em forma de dinheiro ou em forma de créditos na rede elétrica que são descontados da cobrança no fim do mês, os benefícios oferecidos varia de região ou país em que se encontra.(ANEEL, 2008)

A cogeração de energia a partir de painéis fotovoltaicos, de acordo com a NORMATIVA Nº 482, DE ABRIL DE 2012 DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES, Art.

2

sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração distribuída ou mini geração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da

Fazenda.

em vigor no Brasil, devem estar conectados a rede elétrica convencional. Esses sistemas a qual denomina-se sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica não necessitam de baterias para o armazenamento do excedente da energia gerada durante o dia para a utilização a noite ou em dias nublados, e em condições em que a luz solar é mais escassa (inverno na região Sul do Brasil). Enquanto o sistema de geração própria de energia estiver em funcionamento, a energia captada da rede é menor, ou seja, se a geração de energia utilizando-se os painéis solares for maior que a utilizada, essa energia excedente é fornecida a rede elétrica local, podendo receber um reembolso da distribuidora ou acumular créditos para utilizações futuras.(ANEEL, 2008)

A unidade consumidora da energia não notará nenhuma variação no que se dá à origem da energia utilizada, independentemente se a mesma for de originada dos painéis fotovoltaicos ou da rede pública de distribuição de energia. Mas a tarifa no final do mês terá sido reduzida e a diferença será suprida pelos sistemas de cogeração.

Diversos países já usufruem dos benefícios de uma cogeração por painéis fotovoltaicos interligados a rede elétrica. Neste caso, um medidor de quilowatt-hora é instalado na saída do sistema dos painéis para medir a energia produzida. No fim do mês o valor gerado é abatido do valor final de energia utilizada pelo indivíduo. Há uma leve tendência de se utilizar apenas o medidor já existente pelo dispositivo ser bidirecional (anda para traz caso a energia seja produzida em excesso).(ANEEL, 2008)

Além de painéis fotovoltaicos convencionais é possível encontrar painéis solares denominados se “painéis CA” que são painéis fotovoltaicos em que são fabricados para o uso interligado com a rede elétrica pública. Esses são adquiridos com um conversor já acoplado e é claro possuem um preço um pouco mais elevado.(ANEEL, 2008)

Como o uso dos painéis vem aumentando consideravelmente, conforme Demontine tendo uma média de crescimento de 15% ao ano e possuindo seu maior crescimento em 1997 que foi de 47% devido aos programas que vem sendo implantados em alguns países como Alemanha EUA e Japão, o preço dos painéis vem decaindo de forma elevada. Ainda que a produção de energia por meio dos

painéis ainda não sege tão grande quanto as convencionais, os painéis fotovoltaicos residenciais vem sendo de grande auxilio assim como outras formas de geração de energia renováveis.(ANEEL, 2008)

Os painéis fotovoltaicos assim como muitos outros eletrônicos tem sua expectativa media de “vida útil”. Essa media, segundo Shayani, et.al, é de 30 anos, enquanto o regulador e inversores de frequência são de 10 anos. Depois do prazo o utilitário devera fazer a troca do produto caso necessário.(ANEEL, 2008)

Vai ao utilitário desenvolver uma análise da relação entre custo e benefício para instalação dos geradores. Há várias circunstâncias a serem consideradas nessa relação, como tecnologia dos equipamentos utilizados, analise do local onde o painel será instalado, localização, tarifa à qual a unidade consumidora está submetida, condições de financiamento do painel e existência de outras unidades consumidoras que possam usufruir dos créditos do sistema de compensação de energia elétrica entre outras circunstancias para uma relação do custo/beneficio. (ANEEL, 2008)

Tem-se estipulado pela ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – como limites de micro e mini geradores de energia, seja por meio hidráulico (micro hidroelétricas), eólico(micro aero geradores) ou solar (fotovoltaico), a esses as medidas para mini e micro geração são dadas como:

- Mini geradores: geradores de potencia acima de 100kwp, mas inferior à 1mWp
- Micro geradores: geradores de potencia de até 100kwp

Valores acima de 1mwp são considerados usinas.(ANEEL, 2008)

7.2 COMO FUNCIONAM OS GERADORES SOLARES FOTOVOLTAICOS

A Célula Fotovoltaica

A célula fotovoltaica é um elemento usado para a transformação da radiação proveniente do sol em energia elétrica e pode-se dizer, que é um dispositivo semicondutor que produz uma corrente elétrica ,quando exposta a luz.(SEGUEL,2009)



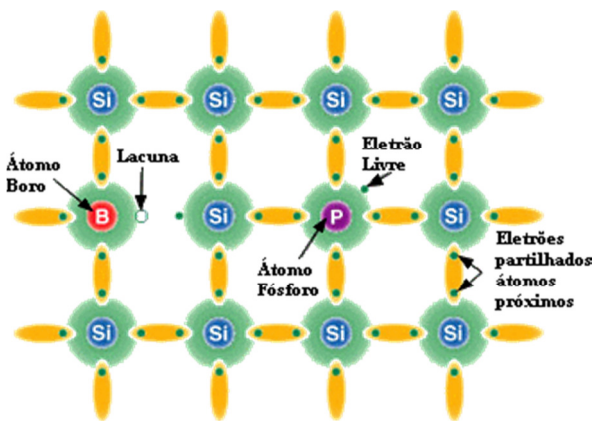
Um semicondutor a zero Kelvin possui uma banda que esta preenchida com elétrons,que é chamada de banda de valência, existe outra banda chamada banda de condução que possui um nível mais alto e não é preenchida .(BLUESOL)

É preciso que o elétron passe da banda de Valência para a banda de condução e para isso é preciso usar uma certa quantidade de energia sendo diferenciado para cada material.(SEGUEL,2009)

Como os elétrons foram deslocados, são formados dois tipos de portadores, a banda de condução passa a ser preenchida por elétrons e uma lacuna positiva.

Uma principal propriedade da célula fotovoltaica é a possibilidade de fótons que fica na faixa do visível,com uma energia suficiente é possível excitar os elétrons para a banda de condução,esse efeito por si só não garante o funcionamento das células fotovoltaicas,para obtê-las é preciso uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados,gerando uma corrente útil.(SEGUEL,2009)

Quando se usa átomos pentavalentes, ou seja, família do nitrogênio, terá um átomo em excesso para formar uma ligação covalente, fazendo com que a sua ligação original seja fraca, por isso é necessário apenas uma pequena quantidade de energia para liberar este elétron para a banda de condução, aproximadamente 0.02 eV. Então pode-se dizer que por exemplo o fósforo é um dopante doador de elétrons sendo chamado de dopante N. O cristal dopado chamasse dopante N, ou seja, tipo N. Quando é colocado o elemento químico da família do boro, terá a falta de um elétron

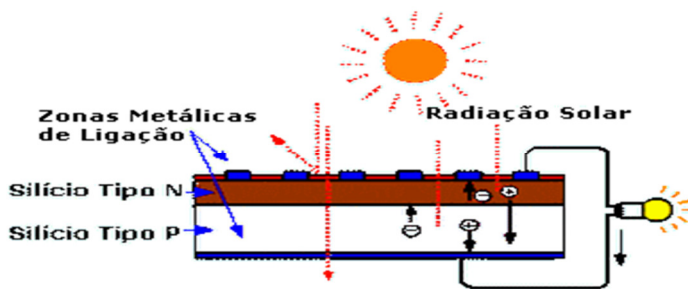


para satisfazer a ligação covalente. A falta desse elétron é denominada buraco ou lacuna. O cristal dopado é chamado P (tipo P) o boro é conhecido como dopante P. (SEGUEL, 2009)

Quando os cristais P e N se unem, forma uma junção de PN. Na região da junção se dá uma difusão do lado N para, devido ao elevado gradiente de concentração. (SEGUEL, 2009).

Isso faz com que reduza o número de elétron do tipo N, ficando positivo e o excesso no tipo P, ficando negativo. formando um campo elétrico na região da

junção, quando o campo elétrico forma uma barreira capaz de impedir a passagem de elétrons livres do lado N o processo passa a ter equilíbrio. (SEGUEL, 2009)



É preciso de um número de células fotovoltaicas para fazer com que o gerador chegue a um determinado nível de tensão e corrente de carga, através de série e paralelo formando os painéis fotovoltaicos. O número de células em um painel é determinado pelas necessidades de tensão e corrente da carga a alimentar. Normalmente um módulo fotovoltaico é constituído por cerca de 33 a 36 células, ligadas em série, resultando em tensão suficiente para alimentar uma bateria de 12V. (SEGUEL, 2009)

As características elétricas de uma célula fotovoltaica e painel fotovoltaica, são

muito influenciadas por dois fatores climáticos: intensidade da radiação e temperatura da célula. Sabendo disso, por meio de cálculos matemáticos podemos identificar as condições de temperatura e radiação solar, sendo portando radiação solar de $1000\text{W}/\text{m}^2$ e temperatura de 25°C .(SEGUEL,2009)

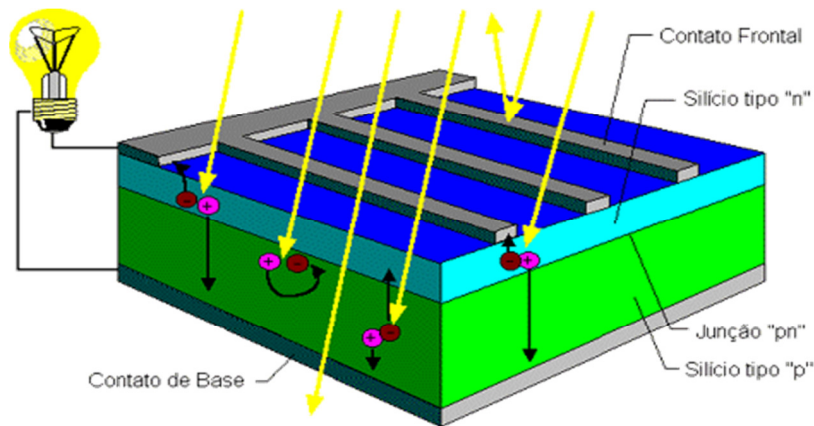


Imagem de uma Célula fotovoltaica.

7.3 HISTORIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

A descoberta do efeito fotovoltaico deu-se pela observação de um físico Frances, Alexandre Edmond Becquerel, que no ano de 1839, verificou que mergulhando placas metálicas, platina e prata, em um eletrólito, surgia uma diferença no potencial elétrico entre estes materiais quando expostos a luz.(VALLERÂ e BRITO, 2006)

Foi preciso muito tempo e muita evolução tecnológica para que no século XX, Pearson construísse sua primeira célula solar feita de de silício. Estudando a nova célula e comparando com a célula de selênio conhecida a muito, Pearson com a ajuda de seu colega da Bell Labs, Daryl Chapin, verificaram que a eficácia da célula já conhecida era inferior a célula de silício.(VALLERÂ e BRITO, 2006)

Pearson e Chapin, durante os estudos, verificaram também que o lítio ia para o interior silício, aonde a junção PN, ficava cada vez mais profunda e inacessível para os fótons da radiação solar, diminuindo a eficiência, outro problema também era que existia uma grande dificuldade em soldar contatos elétricos ao material. Foi assim que então Calvin Fuller entrou na 'jogada' e experimentou fazer a dopagem do tipo n usando uma difusão de fósforo, obteve uma junção mais estável, porém ainda

persistia o problema dos contatos.(VALLERÂ e BRITO, 2006)

Substituindo o gálio pelo arsênio, formando um substrato do tipo N, junto de uma difusão do boro, formando então uma zona tipo P, que foi solucionado o problema de soldas e junto disso foi também revelado uma eficiência de 6%.(VALLERÂ e BRITO, 2006)

Calvin Fuller realizou um processo de difusão para introduzir impurezas, com o objetivo de controlar suas propriedades elétricas, um processo no qual é chamado de dopagem.(VALLERÂ e BRITO,2006)

Gerald Pearson, físico e amigo de Fuller na Bell Labs, mergulhou a barra de silício já dopado em lítio aquecido, para que assim cria-se na superfície da barra uma zona com elétrons livres, portadores de cargas negativas, por isso chamado silício tipo N.(VALLERÂ e BRITO,2006)

A primeira utilização da célula, foi para uma rede telefônica, em Americus no estado de Geórgia,tendo um resultado bem sucedido.(VALLERÂ e BRITO,2006)

7.4 AVANÇO NA TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

Desde a descoberta do fator fotovoltaico e criação da primeira célula fotovoltaica bem sucedida vem se observando um grande potencial nos painéis fotovoltaicos, principalmente nas ultimas décadas que foi dada mais valor a ideia de sustentabilidade, com isso foi investido cada vez mais no desenvolvimento de novas tecnologias para minimizar custos e melhorar o desempenho dos mesmos.

Nos últimos tempos com o avanço da tecnologia crescendo cada vez mais, são produzidas as mais diversa células fotovoltaicas com vários projetos em andamento para os mesmos. Hoje, a Arabia Saudita vem investindo cada vez mais sendo que a mesma possui uma das maiores reservas terrestres de petróleo do mundo começou a investir muito na energia fotovoltaica, com planos de, até 2020, produzir energia por meio de células fotovoltaicas equivalente à usina do Itaipu (no Brasil).

No Brasil, foram desenvolvidas, em 2013 pela CSEM, células fotovoltaicas orgânicas, que são muito mais econômicas,se comparadas às atuais de silício, essas células são produzidas a partir de polímero e plástico, e já foram começadas produções piloto dessas células e a distribuição no estado de Minas Gerais. Essa

nova célula, por conta dos materiais que são utilizados para sua produção se torna muito mais viável economicamente e possui um impacto ambiental menor. essas células são leves transparentes e de fácil instalação o que amplia a utilização dos painéis.

8. METODOLOGIA

O nosso projeto, foi desenvolvido através de pesquisas, leituras e por meio de pesquisa qualitativa e quantitativa afim de compreender o funcionamento e benefícios de utilizar geradores de energia à base de células fotovoltaicas e porque nos dias atuais, a utilização do mesmo não é muito conhecida e pouco utilizadas, além disso procuramos usuários que possuem células fotovoltaicas para entrevistá-los, e ter como conhecimento se o mesmo traz benefícios para o meio ambiente e economicamente para o usuário, e depois de quanto tempo há um custo benefício com relação a instalação e manutenção das células fotovoltaicas.

9. CRONOGRAMA

	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Revisão do projeto	X	X				
Pesquisa bibliográfica	X	X	X	X	X	
Contato com 60HZ	X					
Coleta de dados		X	X			
Estruturação dos dados			X	X		
Redação do relatório final			X	X		
Apresentação					X	

REFERÊNCIAS

JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana K. de O. M.; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação**. Campinas: Pro Cobre Connects Life, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Parte II, Fontes Renováveis. Disponível em:

www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf Acesso em fevereiro de 2016.

BARBI,Ivo. Dissertações. Disponível em:

http://www.ivobarbi.com/PDF/dissertacoes/Dissertacao_Rogers

Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

BlueSol, Educacional Energia Solar. **Perguntas Frequentes sobre Energia Solar** Disponível em:

<http://www.blue-sol.com/energia-solar/pergunta-frequentes-sobre-energia-solar/>

Acesso em 20 de dezembro de 2015.

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Energia Solar Fotovoltaica** Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/antigo/linhas_pesquisa/energia_solar/publicacoes/pre_dimensionamento.pdf .

Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

Portal Energia,Energia Renováveis. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar** Disponível em:

www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/

Acesso em 15 de dezembro de 2015.

Rumo sustentável.2013. **Energia Solar e seus Benefícios**. Disponível em:

www.rumosustentavel.com.br/energia-solar-beneficios/

Acesso em 20 de dezembro de 2015.

SHAYANI,Rafael Amaral;OLIVEIRA,Marco Aurélio Gonçalves de;CAMARGO, Ivan Marques de Toledo.CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais**. Disponível em:

http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/sbpe_2006.pdf

Acesso em 04 de fevereiro de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Projeto de um sistema Fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital.** Disponível em: <http://www.ppgee.ufmg.br/defesas/216M.PDF>

Acesso em 2 de fevereiro 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL. **Instalação fotovoltaica conectada à rede : estudo experimental para a otimização do fator de dimensionamento.**

Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5819> .

Acesso em 24 de fevereiro de 2016.

VALLÊRA, António M. **Meio Século de História Fotovoltaica.** Disponível em: <http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006.pdf>

Acesso em 25 de fevereiro 2016.

REVISTA ECOLOGICA. **Células solares orgânicas produzem energia elétrica com custo menor que as de silício.** Disponível em:

<http://www.revistaecologica.com/celulas-solares-organicas-produzem-energia-eletrica-com-custo-menor-que-as-de-silicio/>

Acesso em 28 de fevereiro 2016.

HOJE EM DIA. **CSEM dá início à produção piloto de painéis solares orgânicos.**

Disponível em:

<http://www.hojeemdia.com.br/noticias/economia-e-negocios/csem-da-inicio-a-producao-piloto-de-paineis-solares-organicos-1.209383>

Acesso em 28 de fevereiro 2016.

SOLARVOLT. **Células orgânicas produzidas em território nacional: conheça o trabalho do CSEM Brasil.** Disponível em:

<http://www.solarvoltenergia.com.br/celulas-organicas-produzidas-em-territorio-nacional-conheca-o-trabalho-do-csem-brasil/>

Acessado em 28 de fevereiro 2016.

Imagem painel fotovoltaico. Disponível em:

<http://www.santarita.com.br/o-que-e-um-painel-solar-fotovoltaico/>

Acesso em 1 de março de 2016.

Imagem interna painel fotovoltaico. Disponível em:

<http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>

Acesso em 1 de março de 2016