



4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014

Instituto de Estudos Superior da Amazônia- IESAM

Alexandre Rodrigues Araújo (eletrica.alexandre@outlook.com)

João Jaime da Silva (jjaimela10@yahoo.com.br)

Valdenacir Lopes Brito (eletrotecbrito@gmail.com)

Painel solar fotovoltaico montado com resíduo eletrônico



Sumário

| | |
|--|---|
| 1- Introdução..... | 1 |
| 2- Revisão de literatura..... | 2 |
| 3 -Objetivos do projeto | 2 |
| 4- Metodologia | 2 |
| 4.1- Sistemas de controle do protótipo | 2 |
| 4.2- Os Transistores | 3 |
| 4.3- Arduino Uno..... | 3 |
| 4.4- MATLAB (by MATHWORKS ©)..... | 3 |
| 5.1- Resultados e discussões..... | 5 |
| 6- Conclusão..... | 6 |
| 7- Referencias Bibliográficas..... | 7 |

Resumo

Usando alguns transistores de potências comerciais construímos um painel solar para uso como demonstração ou para fornecimento de energia elétrica para pequenos projetos, enfatizando a utilização de novas tecnologias de geração de energia, menos impactante, de menor custo e danos ambientais. Utilizando-se alguns transistores, reaproveitados de equipamentos danificados ou inutilizados fabricados em invólucros de metal do tipo *to66* (como o 2N3055) que possuem no seu interior uma pastilha de um material semicondutor (silício) podendo ser usada como uma célula solar. Essa pastilha quando exposta à luz solar é possível gerar uma tensão entre 0,4 e 0,6 Volts, mesmo com uma de suas junções inutilizadas. Neste projeto foram usados cerca de trinta transistores de potência do tipo 2N3055, para alimentar uma bateria recarregável e armazenar a energia gerada pelo painel. O objetivo é usar a energia gerada para alimentar pequenos equipamentos como: relógios digitais, calculadoras e pequenos objetos que funcionam com corrente contínua. Com este painel foi possível obter-se uma tensão de aproximadamente 8 volts, sob regime de corrente da ordem de microampères. Além disso, foi realizado um estudo destas células, medindo suas curvas características para diferentes fontes de luz.

Palavras-chave: Energia solar; Transistor de silício; Semicondutores.

Área Temática: Tecnologia e sustentabilidade

Photovoltaic solar panel mounted with electronic waste

Summary

Using some transistors trading powers build a solar panel for use as a demonstration or for supply of electricity to small projects , emphasizing the use of new technologies for power generation , less intrusive , less costly and environmentally damaging . By using some transistors, reused or disposed of damaged equipment made of metal casings of the type to66 (such as the 2N3055) having therein a wafer of a semiconductor material (silicon) can be used as a solar cell. That gum when exposed to sunlight can generate a voltage between 0.4 and 0.6 volts, even with one of his joints destroyed. In this project about thirty power transistors were used . 2N3055 to feed a rechargeable battery and store the energy generated by the array, the goal is to use the energy generated to power small devices such as digital watches, calculators and small objects that run on direct current . With this panel was possible to obtain a voltage of about 8 volts, under a current of the order of microamperes. In addition, a study of these cells was done by measuring their characteristic curves for different light sources.

Key words: *Solar energy; Silicon Transistor; Semiconductors.*

Theme Area: Technology and sustainability



1- Introdução

Para podermos falar sobre fontes de energias, precisamos antecipadamente ponderar sobre a importância da energia em todos os aspectos das nossas vidas.

Fundamentalmente, o panorama energético trata de pessoas - bilhões de pessoas, e suas famílias, que usam energia para melhorar suas vidas cotidianas.

Em escala nacional e internacional, é a essência das economias modernas. Para as nações desenvolvidas, fontes confiáveis de energia impulsionam as tecnologias e os serviços que enriquecem e prolongam a vida. A energia aciona computadores avançados, melhora meios de transporte, expande as comunicações, equipamentos e procedimentos médicos de vanguarda e muito mais.

Para as nações em desenvolvimento, a expansão de fontes de oferta de energia confiáveis e financeiramente acessíveis apoia, e até mesmo acelera, mudanças que melhoram e salvam vidas.

A energia confiável se traduz na expansão da indústria, na modernização da agricultura, na ampliação do comércio e em melhores transportes. Estes são os componentes básicos do crescimento econômico que geram os empregos que ajudam pessoas a saírem da pobreza e a criarem melhores vidas para seus filhos.

Por estes e outros motivos, as questões energéticas são de importância vital e exigem nossa compreensão.

Diante desse cenário, o consumo de energia aumentou de forma significativa, fato que tem gerado grandes problemas socioambientais. Isso porque a maioria das fontes utilizadas é de origem fóssil (carvão, gás natural, petróleo), e sua queima libera vários gases responsáveis pela poluição atmosférica, efeito estufa, contaminação dos recursos hídricos, entre outros fatores nocivos ao meio ambiente.

Outro aspecto negativo é que essas fontes não são renováveis, ou seja, elas se esgotarão da natureza. Segundo estimativas da Agência Internacional de Energia (AIE), caso se mantenha a média de consumo das últimas décadas, as reservas de petróleo e gás natural irão se esgotar em 100 anos e as de carvão, em 200 anos.

A energia nuclear, também de origem não renovável, é motivo de várias manifestações contra o seu uso, pois pode haver a liberação de material radioativo em caso de acidentes em uma usina nuclear, como os que ocorreram em Chernobyl (Ucrânia) e em Fukushima Daiichi (Japão).

Com o intuito de diversificar a matriz energética, várias pesquisas foram desenvolvidas para a obtenção de fontes limpa, não necessariamente limpa, digamos menos impactante, e renovável. Entre elas estão a energia solar (obtida através do Sol). Esta fonte, além de ser encontrada em abundância na natureza, gera menos impactos ambientais.

Do ponto de vista de funcionamento, uma célula solar é um fotodiodo com uma grande área que pode ser exposta à luz, seja solar ou não. Desta forma, qualquer diodo (junção p-n) cuja área ativa possa ser exposta à luz tornar-se-á uma célula solar! Obviamente, queremos dizer que o diodo irá se comportar como uma célula solar, mas não produzirá energia suficiente para uma aplicação comercial, como fonte de energia, embora seja de fácil utilização como equipamento didático em demonstrações práticas.



Alguns transistores comerciais fabricados em invólucros de metal (como o 2N3055) possuem uma pastilha de um material semicondutor (silício) relativamente grande e que pode ser usada diretamente como uma célula solar. Isto é possível porque um transistor basicamente possui duas junções p-n (o 2N3055 é do tipo n-p-n) as quais funcionam como diodos. Se expostas à luz, comportam-se como fotodiodos ou células solares.

Partindo desta ideia, realizamos uma série de experimentos com estas células solares que podemos chamar de resíduo eletrônico, procurando entender de um modo geral, o funcionamento de tais fontes alternativas de energia. Baseando-se neste conceito, podemos associar vários transistores em série para obter uma tensão de valor mais elevado, suficiente para manter a atividade no sistema de controle.

2- Revisão de literatura

O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel, que percebeu a diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da radiação solar. Inicialmente o desenvolvimento dessa tecnologia deu-se pelo setor de telecomunicações, que buscavam fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas. O segundo impulso foi à corrida espacial, que até hoje ainda utiliza esse fornecimento de energia para longos períodos no espaço, outro fator para o uso das células solares, foi uma necessidade de energia para os satélites. (RICARDO ALDABÓ LOPEZ, 2012)

Um semicondutor tem um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e de um condutor. Inversamente relacionada à condutividade de um material é sua resistência ao fluxo de carga ou corrente, quanto maior o nível de condutividade, menor o de resistência. A célula de silício monocristalino é a de maior aplicação como conversor direto de energia solar em eletricidade e a tecnologia para sua fabricação já é bastante conhecida.

A fabricação da célula de silício começa com a extração do cristal de dióxido de silício, o mineral então passa por um processo de desoxidação e purificação em fornos específicos. Ao final do processo, já novamente solidificado, o material já atinge um grau de pureza de aproximadamente 98% que é eficiente sob o ponto de vista energético e de custo de produção. Uma célula solar é um fotodiodo com uma grande área que pode ser exposta a luz, seja solar ou não. Desta forma, qualquer diodo (junção p-n) cuja área ativa possa ser exposta à luz comporta-se como uma célula solar, porém, pode não produzir energia suficiente para uma aplicação comercial, como fonte de energia, embora seja de fácil utilização como equipamento. Estes módulos fotovoltaicos podem ser utilizados individualmente ou montados em série ou em paralelo, de modo a obterem-se maiores tensões ou correntes, conforme as necessidades da aplicação em concreto. (RICARDO ALDABÓ LOPEZ, 2012)

3 -Objetivos do projeto

Converter as variações da irradiação solar em impulsos elétricos para gerar tensão contínua através de um painel que foi construído a partir de resíduos eletrônico.



4- Metodologia

4.1- Sistemas de controle do protótipo

O conversor de luz de impulsos elétricos foi um painel fotovoltaico improvisado a partir de transistores de potência fora de uso ou mesmo reaproveitados. O painel é adequado para a alimentação de projetos de pequena e média potência como motores de Corrente Contínua, calculadoras, relógios digitais etc. Para se obter uma tensão mais elevada deve-se apresentar uma associação em paralelo de diversos painéis.

O sistema foi simulado em uma plataforma de montagem de circuitos, chamada matriz de contatos, ligada a uma bateria recarregável de 4 Volts, essa bateria foi energizada pela placa solar quando a incidência solar for significativa. Para não haver retorno de corrente para o painel solar, utilizou-se um diodo do tipo 1N4001 que tem fluxo de corrente/tensão somente para um lado. Vale ressaltar que essa capacidade de alimentação/armazenamento varia de acordo com que se deseja alimentar.

É possível monitorar o sistema por plotagem de gráficos e comandar o mesmo com entradas de comandos através do MATLAB (by MATHWORKS ©) e do Arduíno, no entanto, para o controle do sistema utilizou-se um chaveamento automático através de um *ldr*, esse resistor foi de suma importância para o sistema, pois ele fará o processo de sensoramento da intensidade da radiação solar no painel, ou seja, quando a radiação solar foi intensa. O painel recarregou a bateria que alimentou o protótipo, e quando a radiação solar esteve insuficiente para o carregamento da bateria e ela apresentava níveis mínimos de carga, a concessionária alimentou o sistema, simulado no projeto por uma bateria secundária de 9 volts. Também foi utilizado um potenciômetro para regular os momentos de transição do sistema. Outros componentes de corrente/tensão foram acoplados, como circuito integrado 4066 para a leitura e chaveamento desse processo. O sistema também contou com resistores para complementar o funcionamento do circuito na matriz de contatos e *leds* que simulam uma casa.

4.2- Os Transistores

Pode-se utilizar o transistor 2N3055 ou qualquer outro que tenha uma cobertura metálica em seu invólucro e que possa ser retirada sem danificar o *chip* de silício de seu interior. Não se pode deixar de citar que nem todos os transistores são de utilidade para a construção de painéis solares dessa natureza, algum transistor tem em sua parte interna material radioativo, portanto, antes de usar outros tipos de transistores é aconselhável que se procure saber o material utilizado em sua fabricação. Expondo a pastilha de silício à luz, ela converterá a incidência luminosa em energia elétrica. Um só transistor assim preparado, não pode converter muita energia, pois a quantidade de tensão gerada depende do tamanho da pastilha, que no caso é bem pequena, a tensão entre o coletor e emissor é da ordem de 0,6 Volts quando exposto a luz solar.

4.3- Arduíno Uno

O Arduíno é uma plataforma baseada em hardwares e softwares flexíveis e fáceis de usar. O Arduíno Uno que utilizaremos no projeto é uma placa microcontroladora que possui 14 entradas / saídas digitais, dos quais 6 podem ser usados como saídas PWM, 6 entradas analógicas um de 16 MHz ressonador cerâmico, uma conexão USB, um conector de alimentação, um cabeçalho ICSP, e um botão de *reset*. Para utilizá-lo usamos um conector adaptado com um cabo USB para iniciarmos a comunicação com o MATLAB (by MATHWORKS ©) em um computador, instalamos o software necessário para a leitura dos

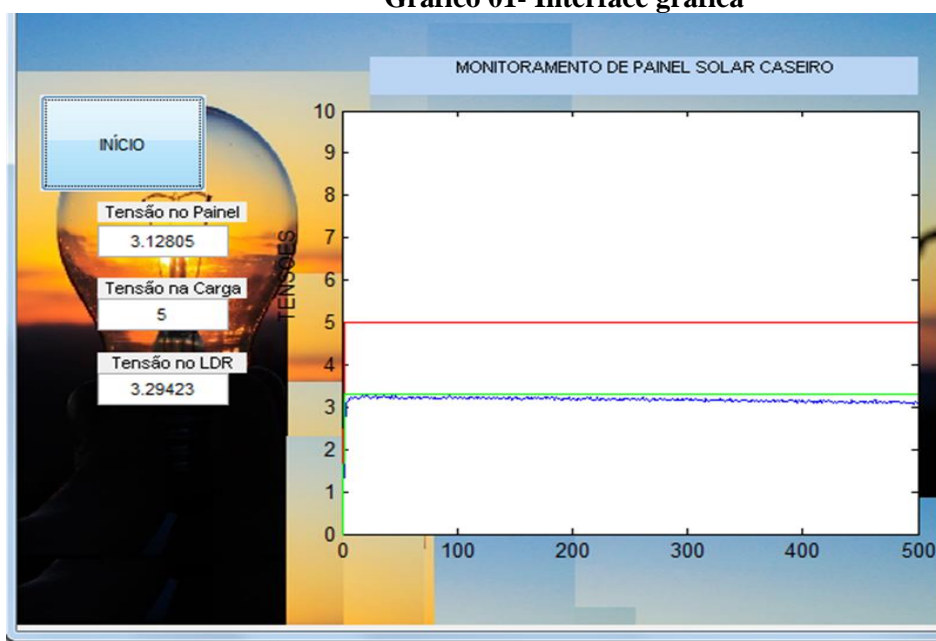


comandos que utilizamos e usamos as portas analógicas 0, 1 e 2 somente como modo de saída de dados.

4.4- MATLAB (by MATHWORKS ©)

O MATLAB (by MATHWORKS ©) é um programa apropriado para desenvolver aplicativos de natureza técnica. Adequado para aqueles que desejam programar e testar soluções com facilidade e precisão, possui linguagem de programação de fácil entendimento e visualização. Usaremos esse programa para a entrada e saída de dados para o hardware Arduino, essa comunicação é executada através de linguagem de programação específica de comando como variáveis, laços, somas, multiplicações etc. Para montar uma interface que possa ler dados e gerar gráficos através dos dados obtidos.

Gráfico 01- Interface gráfica

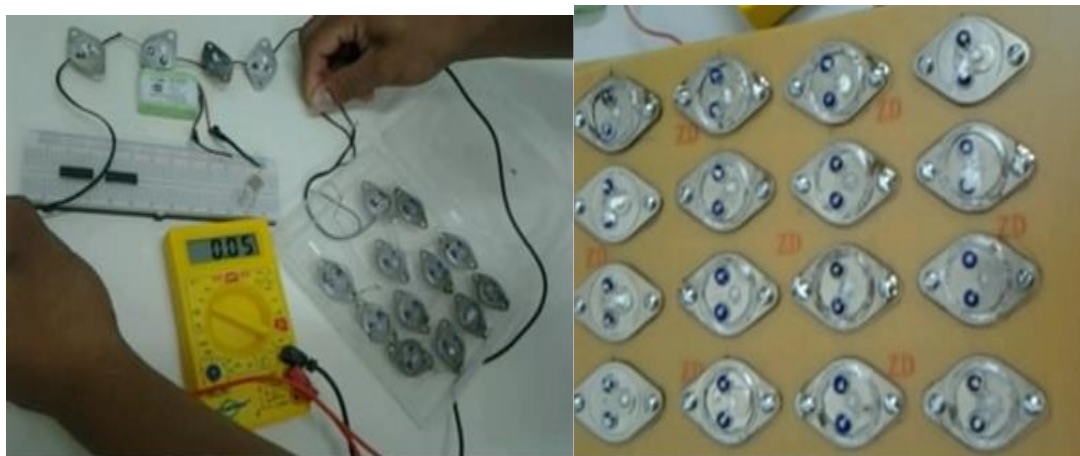


5- Construção do painel passo a passo para a pesquisa



- Para construção do painel solar primeiramente fez-se a seleção dos transistores, onde uma das suas junções esteja utilizável para que possamos fazer as conexões na placa e a coleta de tensão através dos polos.
- Em seguida retirou-se o invólucro que protege a parte interna do transistor, deve-se retirar cuidadosamente para não danifique a partilha de silício.
- Posteriormente, foram feitas as marcações dos mesmos em uma placa de circuito impresso, esta marcação é fundamental para que todos fiquem de maneira alinhada e ordenada no painel, de acordo com os polos emissor e receptor, para facilitar a soldagem dos polos.
- Foram feitos furos no painel para a fixação dos transistores. O próximo passo foi fazer a soldagem dos polos, essa soldagem é feita da seguinte maneira: o primeiro terminal será positivo consequentemente o último será negativo, lembrando que neste painel foram feitas associações em série entre as células para o aumento da tensão.
- Após todo esse processo de fabricação do painel solar e montagem do sistema, verificou as primeiras tensões, correntes e resistências geradas pelo painel reciclável, foram usados dezesseis transistores de potência.

Figura 01- painel solar caseiro de transistores de potência 2N3055.



5.1- Resultados e discussões

Foram executadas medições com um multímetro, observamos as primeiras tensões geradas pelo painel solar, cerca de 0,05 Volts em luz de lâmpada fluorescente, outras medições realizadas efetuaram-se. A **Tabela 1** mostra as variações de tensão, corrente e resistência geradas pelo painel quando exposto à luz do sol em diversos horários.

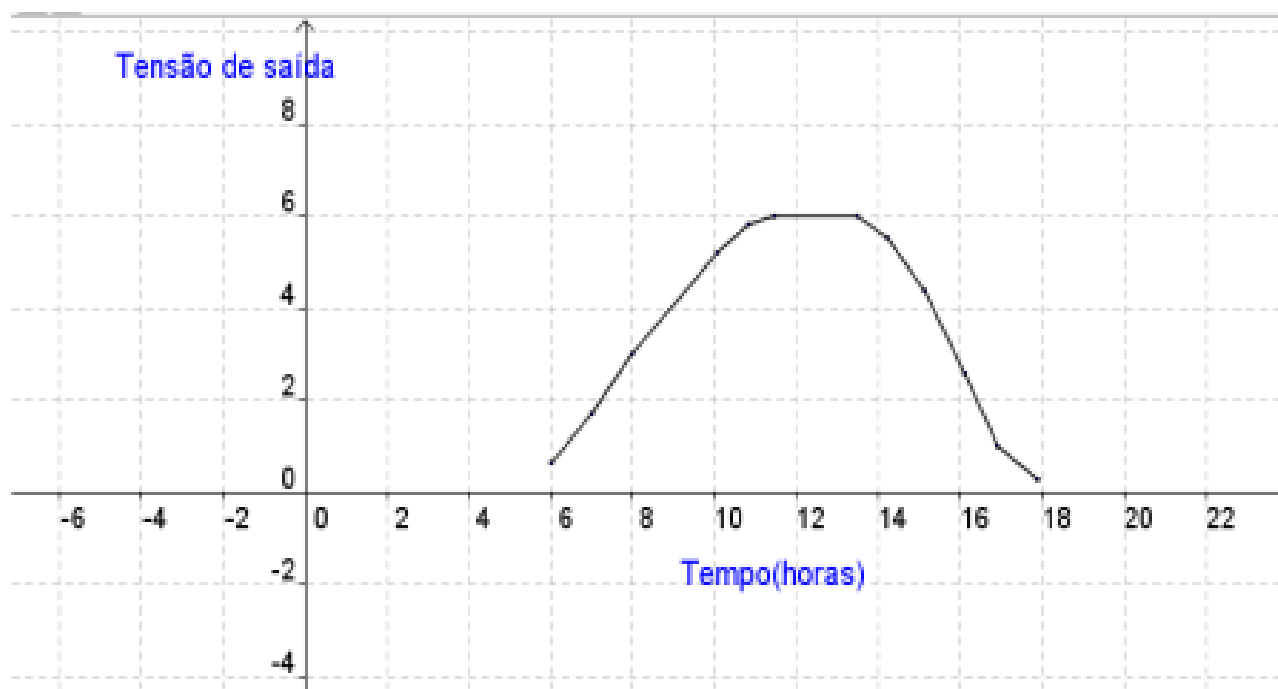
Tabela 01- Tabela de dados gerado pelo painel.



| DATA | TABELA DE MEDIÇÕES | | | | | | |
|---|--------------------|---------------------|-------------|---------------|---------------------|--------|------------|
| | HORA | UNIDADES DE MEDIDAS | | | | | |
| | | CORRENTE | ESCALA (A) | RESISTÊNCIA | ESCALA (Ω) | TENSÃO | ESCALA (V) |
| 13/09/2013 | 12:00 | 0,06 A | 200 mA | 200 Ω | 200 Ω | 6 V | 20 V |
| | 15:00 | 0,015 A | 20 mA | 300 Ω | 2000 Ω | 4,5 V | 20 V |
| | 17:00 | 0,000375 A | 200 μ A | 4000 Ω | 20 K Ω | 1,5 V | 2 V |
| 14/09/2013 | 12:00 | 0,062 A | 200 mA | 96 Ω | 200 Ω | 6,1 V | 20 V |
| | 15:00 | 0,025 A | 200 mA | 196 Ω | 200 Ω | 5,0 V | 20 V |
| | 17:00 | 0,0005 A | 200 mA | 3700 Ω | 20 K Ω | 1,8 V | 2 V |
| 15/09/2013 | 12:00 | 0,036 A | 200 mA | 150 Ω | 200 Ω | 5,5 V | 20 V |
| | 15:00 | * | * | * | * | * | * |
| | 17:00 | * | * | * | * | * | * |
| OBS: No dia 15/09/2013, não foi possível fazer as medições depois das 12:00h por interferências naturais. | | | | | | | |

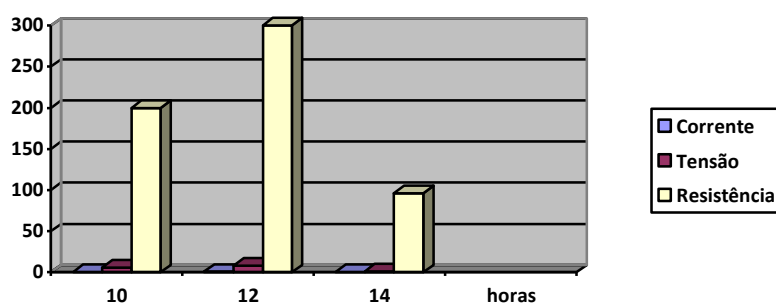
Foram levantadas curvas de tensão para diferentes níveis de radiação solar. Além de estudarmos o processo de conversão de luz em corrente elétrica, também explorou-se o monitoramento do sistema por plotagem de gráficos e observou-se que os níveis máximos de tensão foram obtidos nos horários de maior incidência solar e os menores valores em horários de pouca luminosidade.

Gráfico 02- Gráfico de variações de tensão no decorrer das horas.



Observou-se a variação de tensão, corrente e resistência em várias escalas de medição. O gráfico abaixo demonstra em detalhes esta variação de dados em diferentes condições e horas do dia, deixando clara a oscilação dos valores obtidos através do painel solar.

Gráfico 03 - Gráfico gerado pelos dados obtidos a partir da Tabela 1.



6- Conclusão

Neste trabalho, construímos um painel solar, utilizando transistores de potência 2N3055, e observamos a resposta do painel, quando submetida á diferentes fontes de iluminações, através de medidas de tensão por voltagem. Com isso, além de estudarmos o processo de conversão de luz em corrente elétrica. Portanto, o resultado que foi encontrado neste primeiro levantamento de dados foi o esperado. Obteve-se uma tensão de aproximadamente 6 volts, no horário estabelecido entre 10 h da manhã e 14 h. Concluiu-se que; a tensão varia de acordo com diferentes condições de iluminação e que o painel é capaz



de gerar tensões, ainda que sob regime de baixa corrente, suficiente para alimentação de aparelhos de média potência.

7- Referencias Bibliográficas

[1] REGINALDO DA SILVA¹, ADENILSON J. CHIQUITO, MARCELO G. DE SOUZA E RODRIGO P. MACEDO, **Células solares caseiras (Homemade solar cells)**.

[2] RICARDO ALDABÓ LOPEZ, **Energia solar para a produção de eletricidade**.

[3] UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Programa de pós-graduação em engenharia civil minter, Estudo de um sistema fotovoltaico integrado à construção e ligado à rede elétrica em uma edificação comercial.**

Autor: DANILO DE FREITAS MELO.

Orientador: RICARDO RÜTHER, PHD.

Florianópolis, março de 2010.

Disponível em: (repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93748)

[4] ISIS PORTOLAN DOS SANTOS (1); JAIR URBANETZ JUNIOR (1 2); RICARDO RÜTHER (1 3), **Energia solar fotovoltaica como fonte complementar de energia elétrica para residências na busca da sustentabilidade.**

Disponível em:

(www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/2008/ENTAC/santos_urbanetz.pdf)

[5] YOUNG E FREEDMAN 12ª edição, **Física IV, ótica e física moderna.**

[6] ÉLIA YATHIE MATSUMOTO, **MatLab 6.5 Fundamentos de programação 2ª edição.**