



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE CIÊNCIA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**OPÇÃO 1: RECURSO E TECNOLOGIAS DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS**

Determinação do Gráfico $I=I(V)$ de uma Célula Solar

Docentes : Dr. Boaventura Cuamba

dr. Ataide

Discente: Ártur, Célia Domingas

Maputo, Novembro 2004

1- INTRODUÇÃO	1
1.1-SUA IMPORTÂNCIA.....	1
1.2-OBJECTIVO.....	1
O TRABALHO TEM COMO OBJECTIVO A DETERMINAÇÃO DO GRÁFICO $I=F(V)$ DE UMA CÉLULA SOLAR.....	1
1.3-METODOLOGIA.....	1
2-RESUMO TEÓRICO	1
2.1-PROCESSOS PRINCIPAIS LIGADOS A PRODUÇÃO DE CÉLULAS SOLARES.....	2
2.2-A CÉLULA FOTOVOLTAICA E A ENERGIA ELÉCTRICA.....	2
2.3- GERADORES FOTOVOLTAICOS.....	3
2.4- INFLUÊNCIAS DOS PARÂMETROS EXTERNOS NO FUNCIONAMENTO DAS CÉLULAS SOLARES.....	5
2.4.1- <i>Influência da Radiação</i>	5
2.4.2- <i>Influência da temperatura</i>	5
2.5- VANTAGENS DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	6
2.6-DESVANTAGENS.....	6
3-MATERIAL NECESSÁRIO PARA A EXPERIÊNCIA	6
4-METODOLOGIA EXPERIMENTAL	6
5-GRÁFICO DE $I = F(V)$ DE UMA CÉLULA SOLAR	7
6-CONCLUSÃO	8
7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9

1- INTRODUÇÃO

Na década de setenta, com a crise do petróleo, a energia solar chegou a ser vista como a alternativa capaz de solucionar a maior parte dos problemas energéticos da humanidade. Hoje, pouco se acredita, mas especialistas são unânimes em afirmar que a obtenção de energia através de células fotovoltaicas (também conhecidas como células solares) é a melhor solução para locais isolados com consumo pequeno, aonde não vale apenas estender os cabos da rede eléctrica convencional.[1]

1.1-Sua Importância

As aplicações vão desde o bombeamento de água até a alimentação de equipamentos de telecomunicação, como por exemplo em satélites artificiais.

1.2-Objectivo

O trabalho tem como objectivo a determinação do gráfico $I=f(V)$ de uma célula solar.

1.3-Metodologia

A metodologia usada para o presente trabalho foi a experimentação, assim como a pesquisa bibliográfica incluindo o recurso à internet.

2-RESUMO TEÓRICO

A célula fotovoltaica é um disco de silício com o tamanho de um pires e espessura da ordem de décimos de milímetro. Iluminada por uma fonte de luz qualquer, ela fornece energia eléctrica através de pequenos fios. Em geral, algumas dezenas de células são ligadas em série, formando um painel solar.[1]

Estas transformam a energia solar em eléctrica através de um efeito fotoeléctrico interno denominado fotovoltaico. Foi Becquerel, em 1893, quem descobriu este fenómeno com um dispositivo de selénio, mas, por causa do baixo rendimento que ele obteve, só foi ressaltado o aspecto físico da prova.

A primeira célula solar capaz de produzir energia eléctrica com certa eficiência foi feita em 1954 com silício monocristalino.[2]

2.1-Processos Principais ligados a produção de células solares

Método de Czochralski

a) Preparação do material

- Areia
- Material Policristalino
- Material Monocristalino
- Chapas cilíndricas finas
- Células solares
- Módulo

b) Processamento da célula

Pegamos nas chapas e fazemos a junção P-N e toda transformação necessária para a produção da célula solar.

c) Ligação e encapsulação das células

As células devem ser agrupadas (associadas) em série e em paralelo para obtermos os tais chamados módulos. Este método é apenas válido para silício cristalino.

2.2-A célula fotovoltaica e a energia eléctrica

Em termos físicos podemos dizer que células solares são semicondutores constituídos de cristais de silício nos quais se introduzem impurezas (pequenas percentagens de boro e arsénio). Com isso, formam-se no condutor regiões do tipo N e do tipo P, com propriedades diferentes: na região N excesso de electrões enquanto na região P apresentam-se lacunas que podem ser preenchidas por electrões. Quando atinge o cristal, a luz excita os seus electrões, que tendem a se deslocar pelo semicondutor, o que resulta numa corrente contínua.[3]

Ao se introduzir as impurezas a célula corta-se em discos de espessura aproximada a 0,3 mm. A superfície acima coberta com fósforo criando no silício duas zonas. Para recolher a corrente, colocam-se dois contactos de metal, um na parte anterior e outro na posterior.[4]

A reflexão da luz na superfície da célula afecta a sua absorção reduzindo o rendimento da célula, que só absorve 60 a 70% da luz incidente. O problema se resolve depositando camadas finas antirreflectoras (geralmente vidro) que permitem alcançar absorções de 90%.

As células solares são montadas e conectadas a módulos ou painéis solares para sua utilização. As células de silício são as mais antigas e tem vantagem de utilizar um material estável e abundante.[1]

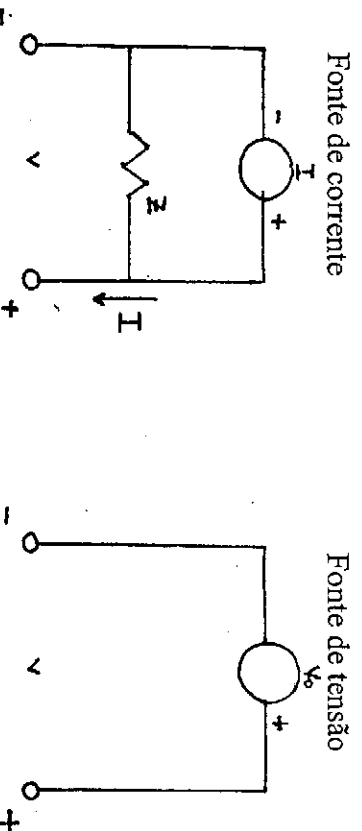
2.3- Geradores fotovoltaicos

Os geradores fotovoltaicos se compõem de um painel (conversor), baterias (acumulador) e o regulador (sistema electrónico).

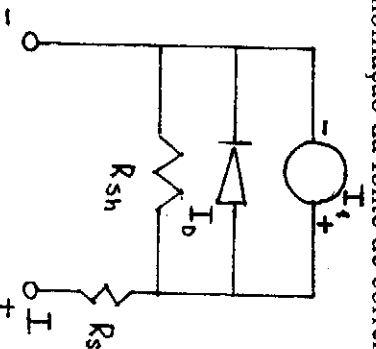
Quase todas as aplicações actuais operam com painéis planos sem concentração. Em 1974 iniciou-se a utilização terrestre dos painéis solares, anteriormente só usados em série para conseguir uma maior potência. Sua vida média está em torno de vinte anos, apartir dos quais seu rendimento baixa progressivamente. Muitos factores ambientais podem afectar o seu rendimento, por isso, antes de serem vendidos, são submetidos a provas que testam sua resistência.[3]

No gerador fotovoltaico existem dois tipos de fontes:

- Fontes de corrente
- Fontes de tensão



A célula solar é a combinação da fonte de corrente e de voltagem.



Na sua forma ideal as fontes de corrente são capazes de fornecer corrente infinita, potência e energia a uma voltagem constante.

As fontes de voltagem são capazes de fornecer voltagem infinita, potência e energia a uma corrente constante.

$$I = I_L + I_0 \{ \exp[(V + I R_s)/AK_B T] - 1 \} - (V + I R_s)/R_{sh} \dots\dots\dots (1)$$

Onde:

- A- constante da curva na relação $I = f(V)$
- R_{sh} - Resistência shunt
- R_s - Resistência em série
- I - corrente de saída da célula
- I_L - corrente gerada pela luz
- I_0 - corrente de saturação do diodo
- e – carga elementar
- V - voltagem nas terminais da célula
- K_B – constante de Boltzman
- T – temperatura absoluta

A corrente de curto circuito ($V = 0$), é directamente proporcional a radiação solar incidente na célula.

$$I_{sc} = I_L = K_B E_e \dots\dots\dots (2)$$

Onde: E_e é a radiação solar (W/m^2)

A voltagem de circuito aberto ($I = 0$) é dada pela relação:

$$V_{oc} = AK_B T/e \ln [(I_L + I_0)/I_0] = AK_B T/e \ln (K E_e/I_0) \dots\dots\dots (3)$$

Potência de pico

É a potência óptima produzida pela célula solar a uma irradiância de $1K W/m^2$ e uma temperatura de junção da célula de $25^0 c$.

Eficiência de conversão de uma célula solar η

É a razão entre a potência óptima produzida pela célula a uma irradiância E_e .

$$\eta = P_{opt}/S E_e \dots\dots\dots (4)$$

Onde: S- é a área da célula isto é, a superfície que absorve a radiação.

2.4- Influências dos parâmetros externos no funcionamento das células solares

2.4.1- Influência da Radiação

Essa influência não é linear, depende do tipo de radiação.

a) *A nível médio de Radiação*

$$I_{sc} = I_L = K_B E_e \dots \dots \dots (5)$$

$$V_{oc} = AK_B T/e \ln (K_B E_e / I_0) \dots \dots \dots (6)$$

b) *Alto nível de radiação, em que x é o factor de concentração*

$$I_{sc} = K E_e - I_0 [\exp(e^* R_s * I_{sc} / AKT) - 1] \dots \dots \dots (7)$$

$$V_{oc} = AKT/e [\ln (K E_e / I_0) + \ln x] \dots \dots \dots (8)$$

c) *A baixo nível de Radiação*

$$K E_e - I_0 [\exp(e^* V_{oc} / AKT) - 1] - V_{oc} / R_{sh} = 0 \dots \dots \dots (9)$$

d) *Eficiência das células*

$$\eta(x, E_e) = [FF(x, E_e) * V_{oc}(x, E_e) * I_{sc}(x, E_e)] / E_e \dots \dots \dots (10)$$

FF-determina a forma das características da célula solar.

$$FF = (I_{m\acute{a}x} * V_{m\acute{a}x}) / (I_{sc} * V_{oc}) \dots \dots \dots (11)$$

2.4.2- Influência da temperatura

$$a) E_g(T) = E_g(0) - aT^2/T+b \dots \dots \dots (12)$$

Eg é a largura da banda proibida.

Eg, a, b, dependem do material de que é feita a célula.

b) *Corrente de saturação*

$$I_0 = A_0 T^3 \exp (-E_g/KT) \dots \dots \dots (13)$$

c) *Eficiência das células solares*

$$\eta(x E_e, T) = \eta(E_e, T_0) [1 - \beta_0(T - T_0)] [1 - kT/e (\ln x / V_{oc}(E_e, T_0))] \dots \dots \dots (14)$$

Onde: β_0 - é o coeficiente do material.

2.5- Vantagens da energia solar fotovoltaica

- É uma energia limpa (não gera poluição)
- Pode ser usada para aquecer água (aquecedores solares)
- Baixa manutenção e fácil instalação
- Alta vida útil dos módulos solares (25 anos em média)
- Não consome combustíveis
- Possui alta eficiência energética
- Sem conta da luz, o sol é de graça

2.6-Desvantagens

- A potência produzida por um panel solar residencial é da ordem de 2 KW. Estes possuem uma eficiência de conversão muito baixa.
- Além do custo elevado, alguns destes materiais podem ser muito poluentes e perigosos como o chumbo, o mercúrio eo cádmio das baterias.
- As extensas áreas ocupadas pelos painéis solares não são usadas para outros fins.

3-MATERIAL NECESSÁRIO PARA A EXPERIÊNCIA

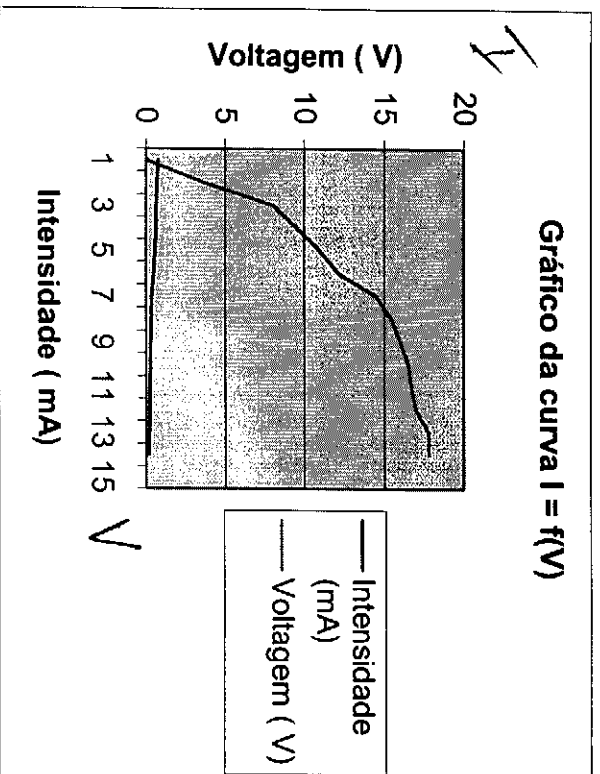
- Painel solar
- Reóstato
- Amperímetro
- Vôlímetro
- Acumulador
- Cabos de conexão
- Lâmpada fluorescente da 12V

4-METODOLOGIA EXPERIMENTAL

Monta-se o circuito, vai se variando a resistência e tirando os dados da intensidade voltagem.

5-GRÁFICO DE $I = f(V)$ DE UMA CÉLULA SOLAR

Intensidade (mA)	Voltagem (V)
0.76	0
0.7	3.7
0.66	8
0.63	9.5
0.58	11
0.49	12.1
0.37	14.5
0.32	15.5
0.28	16
0.27	16.5
0.25	16.7
0.23	17
0.21	17.8
0.2	17.8



falta o coeficiente de bancada

6-CONCLUSÃO

No ponto 0,76 temos corrente de curto circuito ($V = 0$).

Os objetivos do trabalho foram alcançados, visto que conseguimos encontrar a curva da dependência de $I = f(V)$.

7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]- Jornal Zambeze, Meteorologia/19, Quinta-feira, 5 de Agosto da 2004.
- [2]-MCDANIELS, David K., The Sun, 2ª edição, 1984.
- [3]-<http://br.geocities.com>
- [4]-PATEL, Mukund R., Wind and Solar Power Systems, 1999, pp. 17-30 e 125-307