

Humid

Hélio Augusto Muzamane

**Paineis Solares Fotovoltáicos Ligados a Rede Como Fonte Alternativa de
Produção de Energia Electrica
Para maputo**

Universidade Pedagógica
Maputo, 2011

Hélio Augusto Muzamane

**Paineis Solares Fotovoltáicos Ligados a Rede Como Fonte Alternativa de
Produção de Energia Electrica
Para maputo**

Projecto de Conclusão do Curso (Exame de Estado)
a ser entregue ao Departamento de Manutenção
Industrial da ESTEC para obtenção do Grau
Académico de Licenciatura

Universidade Pedagógica

Maputo, 2011

Índice	Pág
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
1.1. INTRODUÇÃO	1
1.2. PROBLEMATIZAÇÃO	2
1.3. JUSTIFICATIVA	3
1.4. OBJECTIVOS	3
1.4.1. Objectivo Geral.....	3
1.4.2. Objectivos Específicos	3
1.5. QUESTÕES DE PESQUISA	4
1.6. HIPÓTESES	4
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. ENERGIA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA.....	5
2.2. SISTEMA FOTOVOLTAICO	7
2.2.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	8
2.2.2. Efeito fotoelétrico para a produção de energia a base das células fotovoltaicas	9
2.2.3. Modelo matemático	10
2.2.4. Corrente de curto-circuito e tensão em circuito aberto.....	11
2.2.5. Fator de Forma e Rendimento	13
2.2.7. Efeito de Radiação.....	14
2.2.8. Associação de Células	14
2.2.9. Características técnicas dos módulos	15
2.2.11.1. Sistemas Fotovoltaicos Centralizados Conectados à Rede Elétrica	16
2.2.11.2. Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica.....	16
2.12. Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica.....	17
2.2.13. Tecnologias dos conversores electrónicos.....	17
2.2.14. Inversor central	19
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE TRABALHO.....	21
3. METODOLOGIA.....	21
3.1. Métodos de Procedimento	21

3.2. Técnicas	22
3.4. Instrumentos de recolha e análise de dados	23
3.5. Delimitação do Universo	24
4. TÉCNICAS DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE.....	24
4.2. Cálculos básicos usados	29
4.2.1. Caso escolhido para o estudo	29
CAPÍTULO IV – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	32
5. Conclusão	32
5.2. Recomendações	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

RESUMO

A total dependência de única concessionária no fornecimento de energia eléctrica para os consumidores é um dos grandes factores que levam à fraca qualidade na prestação de serviços. Isso tem também impedido com que a população moçambicana olhe para a actualidade com uma variedade de tecnologias que possam responder a qualquer necessidade de procura da energia eléctrica através de outras fontes de sua geração.

O presente trabalho é referente ao tema: *Painéis solares fotovoltaicos ligados a rede como fonte alternativa de produção de energia eléctrica para Maputo*, tem como objectivo geral desenvolver de uma forma clara e teórica os elementos básicos e necessários para projectar um sistema de instalação fotovoltaica ligado à rede eléctrica. Teve como base de sua elaboração uma metodologia qualitativa baseada na observação directa dos factos que sucedem à sociedade moçambicana e em particular a província de Maputo.

O autor acredita que, uma vez aderida esta técnica de produção de energia eléctrica que faz a exploração em uma fonte inesgotável e flexível que é o sol e que em grande parte disso o consumidor passa também a ser um vendedor de sua própria energia, o país acelerará cada vez mais o ritmo de desenvolvimento em várias áreas e principalmente a de tecnologia. Uma vez apostada a implementação do sistema ligado à rede eléctrica de distribuição, muitos outros moçabicanos, que não tiverem condições de instalação de painéis solares, irão beneficiar-se da energia eléctrica gerada em outras residências a um custo comparativamente baixo em relação ao actual.

DECLARAÇÃO

Declaro que este trabalho é resultado da minha investigação pessoal, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer grau académico, sendo então, a sua primeira para obtenção grau de Licenciatura.

Maputo, 2011

O Autor:

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço à Deus que me tem dado vida e que me tem mostrado a sua grandeza dia pós dia.

Agradeço em seguida ao Eng. Jacinto Costa, coordenador do curso de Ensino de Electrónica, pelo acompanhamento do meu trabalho, ao Pastor Gabriel Sanches pelo apoio prestado tanto espiritual quanto material, ao Prof. Doutor Urânio S. Mahanjane pelo encorajamento e a outros docentes e colegas de turma que me apoiaram nos momentos que precisei de ajuda.

Agradeço aos meus pais pelo afecto e suporte financeiro que me tem disponibilizado ao longo da minha vida.

Muito obrigado a todos.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai Muzamane, que sempre do meu lado estive, olho pra si e quero fazer o que sempre sonhaste para os seus filhos e os mostraste.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

UP – Universidade Pedagógica

ESTEC – Escola Superior Técnica

EDM-EP – Electricidade de Moçambique Empresa Pública

HCB – Hidro-Eléctrica de Cahora Bassa

AU – Unidade Astronômica, abreviado em Inglês

I – Intensidade de Corrente

V – Tensão

P - Potência

ddp – diferença de potencial

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. INTRODUÇÃO

Moçambique é um país em vias de desenvolvimento cujo crescimento económico, político e social se tem verificado constantemente. É de notar que o quotidiano dos moçambicanos é acompanhado de uso de novas tecnologias pois, a maior parte dos aparelhos, desde os de uso comum até os mais complexos (usados em grandes empresas) precisam de energia eléctrica para o seu funcionamento. Estes aparelhos substituem os antigos mecanismos ou equipamentos em que o seu funcionamento era totalmente baseado na intervenção humana.

Para que os aparelhos electrónicos e electrodomésticos possam funcionar é necessário que estejam ligados a uma fonte de energia eléctrica (alimentação), seja directamente á rede de eléctrica de distribuição ou através de uma bateria (acoplada) que normalmente irá receber as cargas eléctricas através da rede eléctrica.

Enquanto há extremamente um século não havia mais do que umas poucas lâmpadas eléctricas, actualmente a humanidade está extremamente dependente da electricidade em sua vida quotidiana. Embora o uso generalizado da electricidade ainda seja recente, seu estudo teve uma longa trajectória de pesquisa antes de a primeira lâmpada eléctrica ser acesa. (TIPLER, 1993).

Entramos no tema *Energia Eléctrica*. Sem dúvidas que na sua ausência muitos motores industriais, aparelhos dos hospitais, e até mesmo vários aparelhos que facilitam o nosso dia a dia estariam parados. Esta, como qualquer outro tipo de energia, precisa de ser gerada de algum lugar onde haja uma fonte e que depois possa seguir os devidos tratamentos para finalmente ser consumida. No caso específico de Moçambique para a sua produção em larga escala (na ordem de Megawatts) temos a barragem hidro-eléctrica de Cahora Bassa¹ com maior cobertura a nível nacional. *Dos 2.075 MW produzidos, 1.300 MW são vendidos a Eskom, produtora e distribuidora sul-africana de energia eléctrica, cerca de 400 MW são fornecidos á Electricidade de Moçambique (EDM) e cerca de 50 MW vão para o Zimbábue.*

(<http://noticias.sapo.mz/aim/artigo/42960.html>).

¹ A barragem de Cahora Bassa (Cabora Bassa durante o período colonial português) situa-se no Rio Zambeze, na província de Tete (a 120 km desta cidade), em Moçambique.

Actualmente, a província de Maputo, como toda a região sul de Moçambique, recebe a energia da HCB através de uma linha alimentada a partir de uma estação instalada na África do Sul, o principal cliente da barragem. A cobertura pela rede de distribuição de energia eléctrica no país abrange cerca de 14% da população. (<http://www.ionline.pt/conteudo/17032-mocambique-governo-pondera-fazer-linha-energia-cahora-bassa-e-maputo>). A alimentação é provida pela concessionária EDM.EP e como fonte de produção a Barragem de Cahora Bassa. *Se está sob uma total dependência da concessionária e também de uma e única fonte de produção de energia eléctrica.* Isto faz com que qualquer, se não todos os problemas relacionados ao fornecimento de energia eléctrica estejam exclusivamente a cargo da EDM, tornando sem espaço para o respeito aos direitos do consumidor. Isto leva também, a que os trabalhos prestados sejam de má qualidade e os serviços de atendimento ao cliente quase inexistentes. Há que se preocupar por implementar outras formas de *produção e distribuição de energia eléctrica* que possam ir de acordo com as necessidades dos consumidores. Sistemas que tenham poucas complicações em seu manejo, reduzido risco de danificação dos aparelhos, amigas do ambiente e que sobretudo garantam a presença desta energia o mais tempo possível com mínimos intervalos de interrupções.

1. 2. PROBLEMATIZAÇÃO

A forma comum e a mais usada para a produção de energia eléctrica no país é bastante complexa, devido aos processos mecânicos de conversão e seu transporte. É conseqüentemente cara, de tal forma que mesmo sendo esta energia de potência elevada, não satisfaz a necessidade de consumo para a maioria dos moçambicanos. Ela precisa de muitos recursos para a sua produção, transporte e distribuição ao domicílio e a variadas empresas. Para além de sua produção ter certos prejuízos ao meio ambiente como por exemplo a mudança da estrutura física dos caudais dos rios.

Na base do que anteriormente se referiu identifica-se um problema: *total dependência dos consumidores em relação a única fonte de produção de energia eléctrica.*

1.3. JUSTIFICATIVA

O que leva à pertinência da realização da trabalho virado ao problema descrito, é o facto de existir em Moçambique a necessidade de implementação de um sistema alternativo de produção de energia eléctrica de forma a suprir a total dependência de única fonte de produção de energia eléctrica para o consumo.

Por um lado, necessita-se o fornecimento para maioria dos moçambicanos utilizando fontes flexíveis e renováveis para a produção de energia eléctrica ganhando com isso, curto tempo de instalação dos mecanismos de produção de energia eléctrica, facilidade no manejo dos equipamentos e também contribuindo para o novo desafio do mundo moderno, que é a promoção da produção de energia amiga do ambiente. Por outro lado, deve-se instalar um sistema acoplado à rede da concessionária, o chamado sistema fotovoltaico ligado a rede de eléctrica, de tal forma a possibilitar o uso rentável e maior ganho para ambas partes, consumidor e a concessionaria, no que diz respeito aos lucros.

1.4. OBJECTIVOS

1.4.1. Objectivo Geral

O objectivo geral da pesquisa centra-se em:

- Desenvolver de uma forma clara e teórica os elementos básicos e necessários para projectar um sistema de produção de energia fotovoltaica ligado à rede eléctrica.

1.4.2. Objectivos Específicos

Como objectivos específicos da pesquisa tem-se:

- Descrever o processo da produção da energia eléctrica à base de painéis solares fotovoltaicos;
- Indicar o material a usar na produção de energia eléctrica fotovoltaica;
- Identificar as vantagens do uso de instalações fotovoltaicas ligadas à rede de distribuição de energia eléctrica;

1.5. QUESTÕES DE PESQUISA

- De que forma se pode ultrapassar a questão da dependência de consumo de energia?
- Haverá uma forma na qual os moçambicanos possam recorrer para produzir energia eléctrica de forma fácil e sustentável?
- De que forma outros sistemas, se existirem, podem ajudar ao melhoramento da vida dos moçambicanos?

1.6. HIPÓTESES

- Dado o estágio actual de total dependência da concessionária e de única forma de produção de energia eléctrica, é pertinente implementar um sistema de instalação eléctrica fotovoltaica ligado à rede de distribuição de tal forma a que o excedente da carga produzida passe do consumidor para a concessionária;
- A implementação deste projecto permitirá a produção de uma energia eléctrica limpa e de certa forma sustentável, através de células fotovoltaicas aproveitando a radiação solar;
- O sistema de instalação fotovoltaica ligado à rede eléctrica irá trazer benefícios e incentivos não só morais mas também financeiros de tal forma a que muitos outros possam aderir a si devido ao novo ambiente de negócio rentável em sua residência;
- De uma forma geral o sistema irá criar uma abertura de interesse em se estudar cada vez mais outras formas de produção de energia que possam ajudar a minizar a carência deste bem precioso no nosso país;

CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ENERGIA ELÉCTRICA FOTOVOLTAICA

A energia que se encontra disponível na natureza, é a chamada energia primária, sendo classificada em não renovável e renovável. As não renováveis tem velocidade de reposição natural inferior à velocidade de sua utilização (ex: derivados de petróleo, combustíveis radioativos, energia geotérmica e gás natural), enquanto que as renováveis tem uma reposição da natureza bem mais rápida do que a velocidade de sua utilização (ex: biomassa, cana-de-açúcar, eólica, solar). (REIS, 2003, p.2)

A energia eléctrica fotovoltaica assume um papel de particular relevo no panorama actual das energias renováveis em todo o mundo. A Terra recebe energia radiante do Sol, emitindo uma quantidade idêntica. A temperatura do planeta Terra é a temperatura de equilíbrio na qual a absorção é igual à emissão de radiação. A energia radiante recebida pela Terra ($173 \times 10^{15} \text{ W} = 173.000.000.000.000.000 \text{ Watts}$) (*) na radiação solar, 30% é reflectida, 19% absorvida pela atmosfera e posteriormente radiada, 19% é absorvida. Os 19% de energia absorvida penetrante servem de força motriz para as correntes marítimas, ondas, força motriz dos ventos. Os restantes 51% são absorvidos pela superfície e a sua absorção em sistemas biológicos, por fotossíntese, nas plantas e em outros organismos é na ordem de 0,02%.

(*) Constante solar = 1395 W/m^2

Área da Terra - $(6,3 \times 10^6)^2 \times 3,14 \text{ m}^2$

Energia recebida - $124 \times 10^{12} \times 1395 = 173 \times 10^{15}$

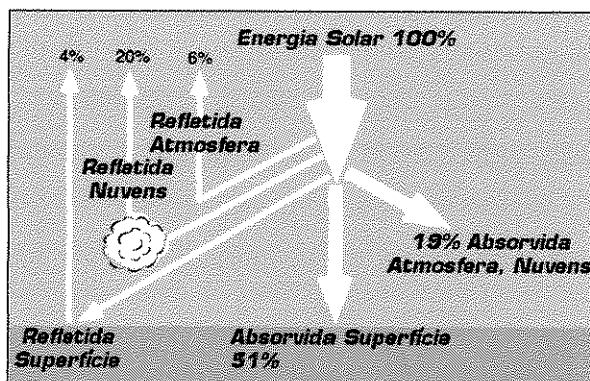


Figura 1: Representação em percentagem dos raios solares

A quantidade de radiação solar é inversamente proporcional ao quadrado da distância. A unidade que mede a distância da Terra ao sol é a unidade astronômica (AU). A distância média corresponde a 1 AU que em km é igual a $1,498 * 10^8$, verifica-se no equinócio da Primavera e do Outono, altura em que o dia é igual à noite.

Para determinar a energia solar extraterrestre, é necessário saber a distância actual. Este factor é calculado através de dia do ano, dia esse expresso em dia Juliano. O dia Juliano é feito em função do dia do ano, tem o valor de 1 para o dia 1 de Janeiro e de 365 para 31 de Dezembro. A expressão utilizada foi formulada por Duffie e Beckman em 1980.

$$\sigma^2 = 1 + 0,33 \cos \left[\frac{2\pi J}{365} \right] \quad J = \text{Dia do ano Juliano 1 a 365}$$

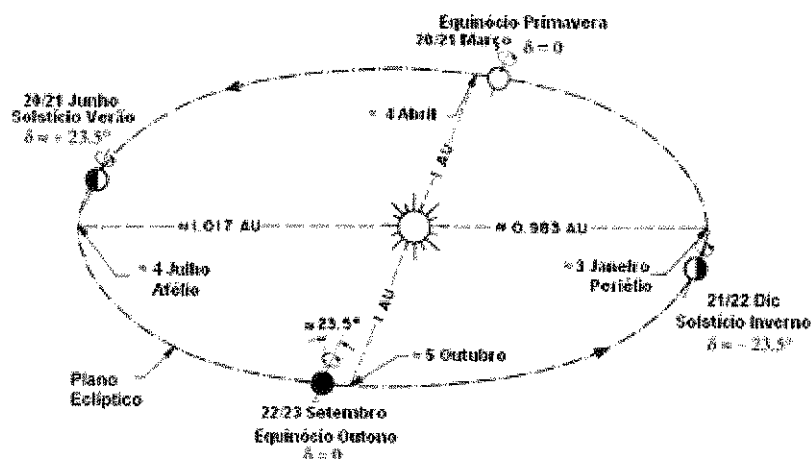


Figura 2: Representação da órbita da Terra à volta do sol

A radiação solar extraterrestre pode ser calculada pela seguinte expressão.

$$G_o = I_{sc} * \left(\frac{r_o}{r} \right) * \cos(\Theta) = I_{sc} * \sqrt{\sigma} * \cos(\Theta)$$

Onde:

$I_{sc} = 1367 \text{ Wm}^{-2}$ - é a constante solar

Θ - é o ângulo solar cenital

Por exemplo, no dia 1 de Janeiro teremos:

$$\sigma^2 = 1 + 0,33 \cos\left[\frac{2 * \Pi * 1}{365}\right] = 0,968 \quad G_o = 1367 * \sqrt{0,968} * \cos(0) = 1344 Wm^{-2}$$

2.2. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Sistema fotovoltaico é um conjunto integrado de módulos fotovoltaicos e outros componentes, projetado para converter a energia solar em eletricidade. (MAYCOCK, 1981 & TREBLE, 1991)

O efeito fotovoltaico é o princípio físico de funcionamento dos módulos fotovoltaicos. Provem de foto que significa luz e volt que é eletricidade. Este fenômeno dá-se por determinadas matérias que, produzem electricidade quando expostos à luz.

Conforme podemos ver na figura 3, os módulos são compostos por células fotovoltaicas, e a conversão da radiação solar em energia elétrica é obtida utilizando-se material semicondutor como elemento transformador, conhecido como célula solar ou célula fotovoltaica.

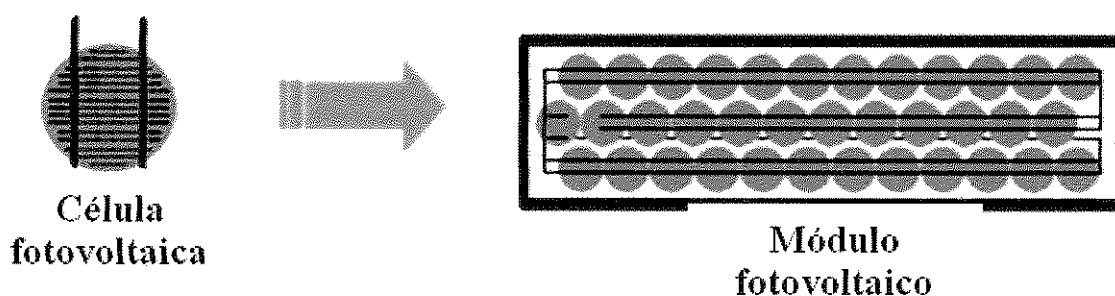


Figura 3: Célula fotovoltaica e módulo fotovoltaico.
(Fonte: Florida Solar Energy Center, 1999)

O material semi-condutor passa primeiro por uma etapa de purificação e posteriormente por uma etapa de dopagem para que este, se transforme em uma célula fotovoltaica. A dopagem ocorre através da adição de traços de certos elementos químicos, tais como boro e fósforo, dosados em quantidades certas, para formar a junção p-n. A figura 4 ilustra o corte transversal e uma vista frontal de uma célula fotovoltaica.

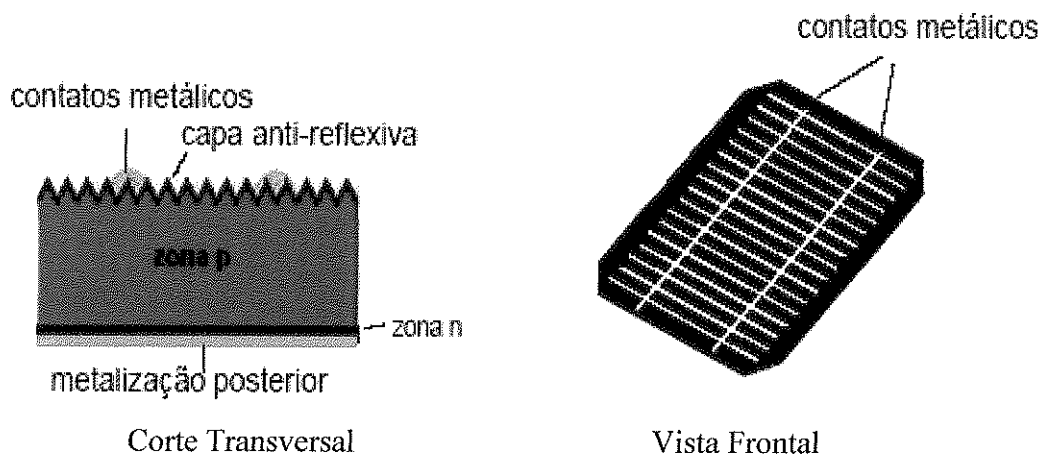


Figura 4: Corte transversal e vista frontal de célula fotovoltaica
(Fonte: Fedrizzi, 1997)

2.2.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

O mercado mundial de células fotovoltaicas disponibiliza as que são produzidas à base de:

a) Silício Monocristalino

Obtidas a partir de barras cilíndricas de silício mono-cristalino produzidos em fornos especiais. São obtidas por corte das barras em forma de pastilhas finas, com espessura em torno de 200 μm . A sua eficiência varia de 15% a 24%. São as mais usadas e comercializadas. (ASIF, 2008 & PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008)

b) Silício Multicristalino

É também chamado de silício policristalino. São produzidas a partir de blocos de silício, obtidos por fusão de porções de silício puro em moldes especiais e o posterior resfriamento lento que o torna solidificado. Neste processo, os átomos não se organizam em um único cristal, formando-se uma estrutura policristalina com superfícies de separação entre os cristais. A sua eficiência é um pouco reduzida relativamente as de silício monocristalino, devido a presença de interfaces entre os vários cristais e varia de 14% à 20,3%. (PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008)

c) Filmes Finos

Respondem á várias investigações feitas nos últimos tempos. Existem 3 (três) tipos nomeadamente: Os que são fabricados a partir de silício amorfo (Si-a), sisseleto de cobre-indio (CIS) e telureto de cádmio (CdTe). A tabela1 mostra as eficiências das células fotovoltaicas de filmes finos.

Tipo de Célula	Silício amorfo (Si-a)	Disseleneto de cobre-indio (CIS)	Telureto de cádmio (CdTe)
Eficiências (%)	5% ⁽¹⁾ - 9,5% ⁽²⁾	7% ⁽¹⁾ - 19,2% ⁽²⁾	8% ⁽¹⁾ - 16,5% ⁽²⁾

Tabela 1: Eficiência das células fotovoltaicas de filmes finos
(Fonte: ⁽¹⁾ ASIF, 2008a; ⁽²⁾ PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS, 2008.)

Uma célula individual, unidade de base dum sistema fotovoltaico, por si só produz apenas uma potência eléctrica reduzida, que tipicamente varia entre 1 e 3 W, com uma tensão menor que 1 Volt. Para se obterem potências mais elevadas, as células são integradas, formando um módulo. A maioria dos módulos comercializados é composta por 36 células de silício cristalino, ligadas em série, para aplicações de 12 V. Pode se verificar que quanto maior for o módulo, maior será a potência e/ou a corrente disponível.

2.2.2. Efeito fotoeléctrico para a produção de energia a base das células fotovoltaicas

Uma célula fotovoltaica constituída por cristais de silício puro não produziria energia eléctrica. Para haver corrente eléctrica é necessário que exista um campo eléctrico, isto é, uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Através da dopagem, que consiste na introdução de elementos estranhos ao silício com o objectivo de alterar as suas propriedades eléctricas, é possível criar duas camadas na célula, conhecidas como: camada tipo *p* que possui um excesso de cargas positivas e a camada tipo *n* que possui um excesso de cargas negativas, relativamente ao silício puro.

Cria-se um campo eléctrico que separa os portadores de carga. Este campo surge de uma região de transição denominada junção p-n que é resultado da junção das camadas *n* e *p* dos

semicondutores impuros. Quando uma célula solar é exposta à luz, os fótons são absorvidos pelos electrões. Assim, quando o fóton contém energia suficiente, a ligação entre os electrões é quebrada e estes se movem para a banda de condução e são conduzidos através do campo eléctrico para a camada n . As lacunas criadas seguem para a camada p .

Ligando os terminais da célula a um circuito exterior que se fecha através de uma carga irá circular corrente eléctrica. Se a célula não estiver ligada a nenhuma carga, é obtida a tensão em circuito aberto da célula solar. (CASTRO, 2008)

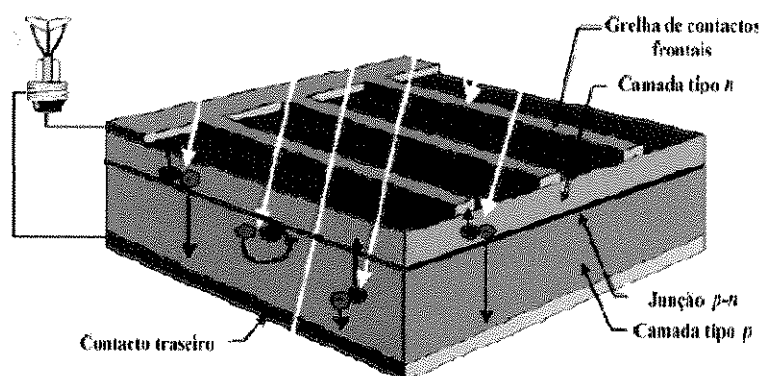


Figura 5 - Princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica (efeito fotovoltaico).

(Fonte: <http://www.solenerg.com>)

2.2.3. Modelo matemático

Uma célula fotovoltaica pode ser descrita através do circuito eléctrico equivalente e é necessário desenvolver um modelo matemático para os componentes constituintes do sistema, facilitando a análise pormenorizada do seu comportamento.

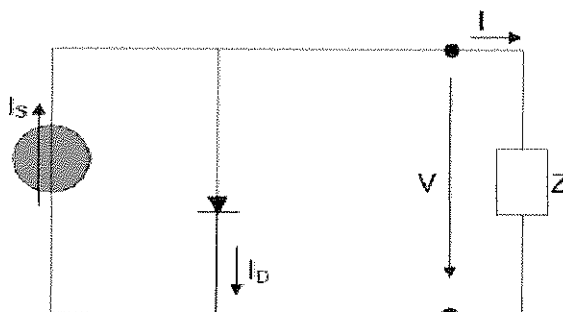


Figura 6: Circuito eléctrico equivalente de uma célula fotovoltaica alimentando uma carga Z .

A corrente ID que se fecha através do díodo é calculada pela equação.

$$ID = I_o \times \left(e^{\frac{V}{mVT}} - 1 \right)$$

Onde:

I_o é a corrente inversa máxima de saturação do díodo;

V é a tensão aos terminais da célula;

m é o factor de idealidade do díodo (díodo ideal: $m = 1$; díodo real: $m > 1$);

VT é designado por potencial térmico $VT = \frac{KT}{q}$;

T é a temperatura absoluta da célula em K ($0^\circ\text{C} = 273,16 \text{ }^\circ\text{K}$);

Q é a carga eléctrica do electrão ($q = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

A corrente I que se fecha pela carga é, obtida através da equação:

$$I = I_s - ID = I_s - I_o \left(e^{\frac{V}{mVT}} - 1 \right)$$

2.2.4. Corrente de curto-circuito e tensão em circuito aberto

Estes são os dois pontos de operação da célula que merecem atenção particular.

No caso de curto-circuito,

$$V = 0; ID = 0$$

$$I = I_s = I_{cc}$$

A corrente de curto-circuito I_{cc} é o valor máximo da corrente de carga, igual à corrente gerada por efeito fotovoltaico, sendo o seu valor uma característica da célula.

No caso de circuito aberto, a corrente é nula.

$$I = 0$$

$$V_{ca} = m \times VT \times \ln \left(1 + \frac{I_s}{I_o} \right)$$

A tensão em vazio é o valor máximo da tensão aos terminais da célula, que ocorre quando está em vazio.

As condições normais de teste para a realização das medidas dos parâmetros característicos da célula são designadas condições de referência e apresentam os seguintes valores:

Temperatura: $\theta' = 25^\circ\text{C} \leftrightarrow T = 298.16 \text{ K}$

Radiação Incidente: $Hr = 1000 \text{ W/m}^2$

De tal forma a explicar o significado das grandezas descritas anteriormente, é apresentado a seguir um exemplo em que é determinada a característica $I-V$ para uma célula fotovoltaica de silício de $10 \times 10 \text{ cm}^2$, com as seguintes condições de experimentação.

Grandezas (Unidades)	Valores de Teste
$H \text{ (W / m}^2\text{)}$	430
$A \text{ (m}^2\text{)}$	0.01
$\theta \text{ (}^\circ\text{C)}$	25
$I_{cc} \text{ (A)}$	1.28
$V_{ca} \text{ (V)}$	0.56

Tabela 2: Condições Experimentais

Então: $I_0 = 4.4 \times 10^{-10} \text{ A}$, sendo $m = 1$ (para díodo ideal)

A corrente que se fecha pela carga é dada por:

$$I = 1.28 - 4.4 \times 10^{-10} \times \left(e^{\frac{V}{mV_i}} - 1 \right) A$$

A figura 7 ilustra a característica $I-V$ da célula fotovoltaica para as condições de referência.

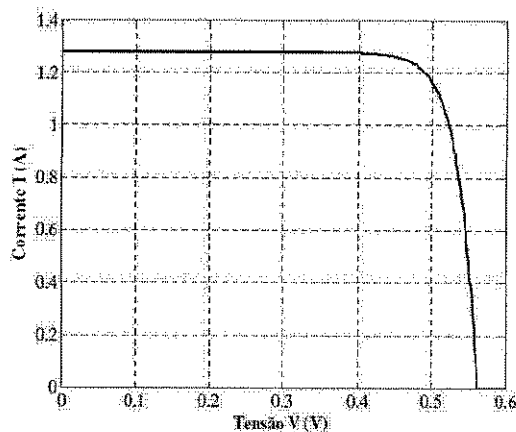


Figura 7: Curva I-V de uma célula solar Fotovoltaica

A análise da curva $I-V$ é fundamental para a caracterização de um módulo fotovoltaico, pois a partir dela é possível obter os principais parâmetros que determinam a sua qualidade e desempenho.

2.2.5. Fator de Forma e Rendimento

O factor de forma expressa a aproximação da representação da curva $I-V$ a um rectângulo. Quanto maior for a qualidade das células, mais próxima da forma rectangular será a curva $I-V$.

O factor de forma é calculado através da seguinte equação:

$$FF = \frac{I_{PPM} \times V_{PPM}}{I_{cc} \times V_{oc}}$$

O FF tem um valor menor que uma unidade, comum entre 0,7 e 0,8 para células de Silício. O rendimento (η) define-se como a relação entre o ponto de potência máxima de uma célula e a potência da radiação solar incidente sobre a célula, como mostra a equação.

$$\eta = \frac{P_{máx}}{A \times G}$$

Onde:

A – Área Correspondente à Célula

G – Radiação Solar Incidente por unidade de Superfície

2.2.6. Potência Eléctrica

Olhemos para a potência (P) como Potência Eléctrica de saída de um módulo fotovoltaico. É o produto entre a tensão (V) e a corrente de saída (I) dado pela equação.

$$P = VI = V \left[I_{cc} - \left(I_o \left(e^{\frac{V}{mV_t}} - 1 \right) \right) \right]$$

O ponto de potência máxima é dado pela seguinte equação:

$$P_{máx} = V_{máx} \times I_{máx}$$

2.2.7. Efeito de Radiação

Tal como se pode observar na figura 8, a potência de saída aumenta com o aumento da radiação incidente. A corrente de curto-circuito aumenta de forma aproximadamente linear com o aumento da radiação incidente ao passo que o valor de tensão de circuito aberto pouco varia com a variação da radiação.

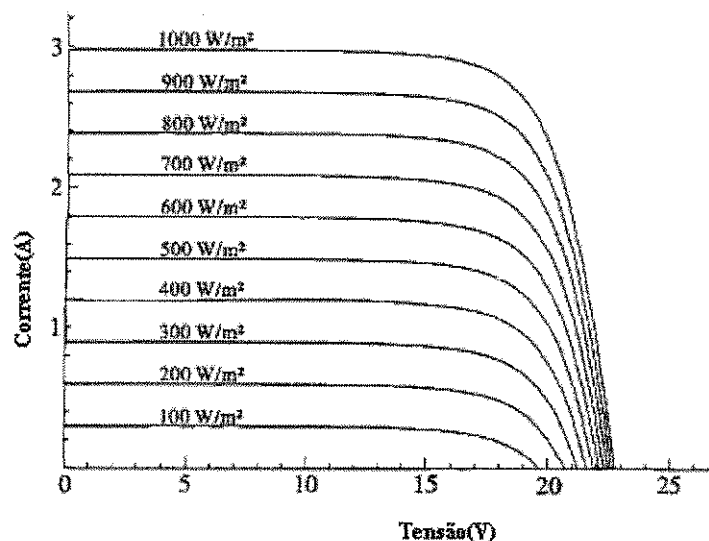


Figura 8: Efeito causado pela variação de intensidade luminosa

(Fonte: <http://e-lee.ist.utl.pt>)

2.2.8. Associação de Células

a) Associação em Série

Numa associação em série, as células são atravessadas pela mesma corrente (I) e a característica resultante deste agrupamento é obtida pela adição das tensões aos terminais das células, para um mesmo valor de corrente.

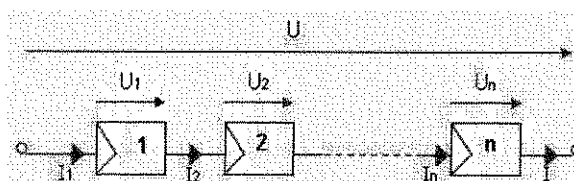


Figura 9: Associação de células em série

$$\text{Então: } U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad \text{e} \quad I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

b) Associação em Paralelo

Numa ligação das células em paralelo, adicionam-se as intensidades de corrente, porém a tensão é a mesma. A característica resultante obtém-se pela adição de correntes, para a mesma tensão.

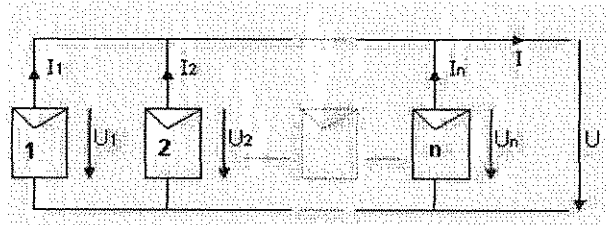


Figura 10: Associação de células em paralelo

$$\text{Então: } U = U_1 = U_2 = \dots = U_m \quad \text{e} \quad I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

A maioria dos módulos é construída associando em primeiro lugar as células série até se obter um nível de tensão considerável, e depois as associando em paralelo até alcançar o nível de corrente desejado.

2.2.9. Características técnicas dos módulos

A norma Standard EN 50380 especifica quais as características técnicas que os fabricantes devem apresentar nas folhas descritivas das características dos módulos fotovoltaicos. As características técnicas impostas pela norma são:

- Potência nominal de pico;
- Tensão no ponto de potência máxima;
- Corrente no ponto de potência máxima;
- Tensão em circuito aberto;
- Corrente em curto-circuito;
- Coeficiente de variação da tensão em função da temperatura;
- Coeficiente de variação da corrente em função da temperatura.

Estes valores são vitais para a realização de estimativas da quantidade de energia gerada, bem como verificar a compatibilidade de ligação com outros componentes do sistema fotovoltaico, e todos estes valores são obtidos em condições de teste.

2.2.10. Potência produzida, ângulo de inclinação e orientação

A radiação é medida numa superfície horizontal ao longo de um determinado período de tempo sendo este valor dado em kWh /m². Pode ser uma média anual, mensal ou um valor diário.

A potência produzida por um módulo fotovoltaico é calculada através da equação:

$$\text{Potência Produzida} = P_p \times N^\circ \text{ de Horas de Radiação}$$

A quantidade de energia produzida por um sistema fotovoltaico é influenciada pela orientação do painel e pelo ângulo de inclinação deste relativamente ao plano horizontal.

2.2.11. Principais Aplicações dos Sistemas Fotovoltaicos

Os sistemas fotovoltaicos são aplicados com variados propósitos de sua utilização. Segundo TREBLE (1991) & MARKVART (2000), existem duas principais categorias de sistemas fotovoltaicos: os sistemas isolados ou não conectados à rede eléctrica, e os sistemas conectados à rede eléctrica. O que difere a sua constituição é a existência ou não de um sistema acumulador, ou seja, baterias.

Os sistemas fotovoltaicos se restringem a quatro aplicações principais que podem ser facilmente entendidos como:

- Duas em Sistemas Isolados ou Não Conectados à Rede que são:
 - Sistemas Domésticos
 - Sistemas Não Domésticos
- Duas em Sistemas Conectados à Rede que são:
 - Sistemas Centralizados
 - Sistemas Distribuídos

Nos importa falar apenas dos conectados à rede.

2.2.11.1. Sistemas Fotovoltaicos Centralizados Conectados à Rede Elétrica

Os sistemas centralizados conectados à rede executam a função de estações centralizadas de energia. A fonte de alimentação por tal sistema não é associada com um cliente particular da eletricidade. Estes sistemas são tipicamente instalados em terrenos ou campos e funcionam normalmente a certa distância do ponto de consumo (MAYCOCK, 1981 & MARKVART, 2000).

2.2.11.2. Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica

Os sistemas fotovoltaicos distribuídos conectados à rede são instalados para fornecer energia ao consumidor, que pode usar a energia da rede elétrica convencional para complementar a quantidade de energia demandada, caso haja algum aumento do consumo de energia em sua residência ou estabelecimento comercial. O consumidor pode também vender a energia gerada pelo sistema para a distribuidora, caso use menos energia do que a gerada pelo sistema (MAYCOCK, 1981 & MARKVART, 2000).

No presente trabalho nos importa avançaremos com o estudo mais aprofundado destes Sistemas.

2.12. Sistemas Fotovoltaicos Distribuídos Conectados à Rede Elétrica

Os dois principais equipamentos pertencentes ao sistema mencionado são o gerador fotovoltaico e o inversor conectado à rede elétrica.

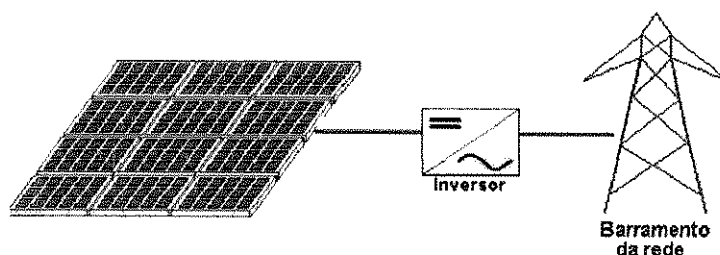
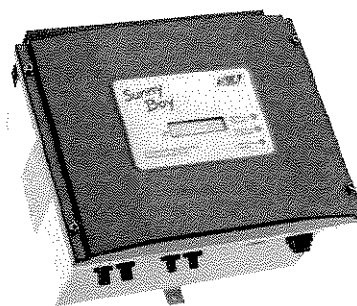


Figura 11: Sistema ligado à rede

2.2.13. Tecnologias dos conversores eletrônicos

Os conversores eletrônicos de potência são utilizados para converter a energia elétrica produzida em CC pelo painel fotovoltaico em CA monofásica ou trifásica com características de frequência e tensão adequada para a sua ligação à rede (sistemas ligados à rede) ou para ser utilizada em sistemas autônomos.

O inversor estabelece a ligação entre o sistema fotovoltaico e a rede. A sua principal tarefa consiste em converter o sinal elétrico contínuo do painel num sinal elétrico alternado, e ajustá-lo para a frequência e nível de tensão da rede à qual está ligado.



700W, Tensão CC Máxima: 250V.

Figura 12: Inversor SMA Sunny Boy SB700

(Fonte: <http://www.ffiolar.com/produtos/index.php?lingua=por&id=13>)

Dependendo da aplicação, existe uma distinção entre os inversores utilizados nos sistemas com ligação à rede (inversores de rede) e nos sistemas autónomos (inversores autónomos). Nos sistemas fotovoltaicos com ligação à rede, o inversor é ligado à rede eléctrica principal de forma directa ou através da instalação do serviço eléctrico da casa. Com uma ligação directa, a electricidade produzida é injectada directamente na rede eléctrica pública. Com a ligação à instalação da casa, a energia gerada é em primeiro lugar consumida na casa, sendo então o excedente fornecida à rede pública.

Os inversores ligados à rede eléctrica podem ser classificados em dois tipos:

- Comutados pela própria rede eléctrica, utilizando o sinal da mesma para se sincronizar;
- Auto-comutados, em que um circuito electrónico no inversor controla e sincroniza o seu sinal ao sinal da rede.

É necessário que os inversores se desliguem da rede eléctrica quando esta for desligada, razão pela qual se recomenda o isolamento galvânico obtido com o uso de transformadores no sistema inversor.

Em relação à qualidade da energia, os parâmetros de qualidade devem estar dentro dos níveis estipulados nomeadamente o baixo conteúdo de harmónicos e a forma de onda, a qual deve ser sinusoidal.

Num sistema solar fotovoltaico ligado à rede podem ser utilizados diferentes tipos de inversores, dependendo da configuração do painel fotovoltaico: inversores centrais, inversores de fileira e inversores de multi-fileira. (ANTONY, 2007).

Normalmente os painéis solares fotovoltaicos são ligados a um único inversor central. No entanto se um sistema possui uma potência instalada elevada ou se possui várias partes situadas em locais distintos, podem ser necessários vários inversores.

2.2.14. Inversor central

Todos os módulos que constituem o painel fotovoltaico estão ligados a um único inversor, tal como anteriormente apresentado. Normalmente todas as fileiras do painel fotovoltaico são ligadas numa caixa de junção antes de serem ligadas no inversor.

Os inversores centrais oferecem uma alta eficiência e baixo custo. Por outro lado a fiabilidade do sistema fotovoltaico está limitada pelo facto deste depender de um só inversor e em caso de falhas do mesmo toda instalação fica comprometida. (<http://www2.sma.de>)

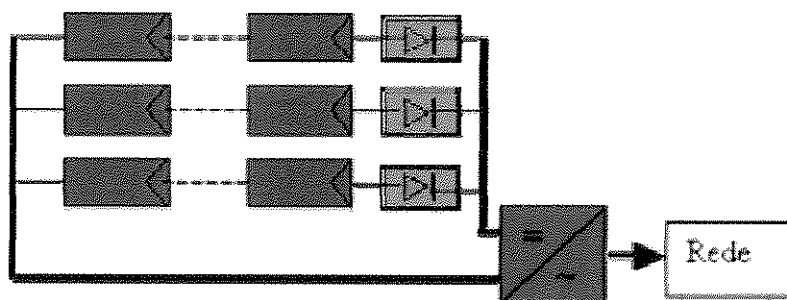


Figura 13: Inversor central

(Fonte: <http://www2.sma.de>)

Especificações técnicas dos inversores ligados à rede

O inversor converte a CC produzida pelos módulos fotovoltaicos em CA. As especificações técnicas que devem constatar na ficha técnica de um inversor são:

Entrada em CC:

- Potência em CC máxima;
- Tensão em CC máxima;
- Corrente máxima de entrada;
- Valor mínimo e máximo de tensão no ponto de potência máxima;
- Valor de consumo em *stand-by*.

Saída em CA:

- Potência nominal em CA;
- Potência máxima em CA;
- Corrente máxima de saída;
- Corrente nominal;
- Eficiência.

A eficiência é a relação entre a potência de saída e a potência de entrada do inversor. A eficiência dos inversores varia e tem uma tendência a diminuir quando estes estão a funcionar abaixo do valor da sua potência nominal.

Outra característica a considerar nas especificações técnicas de um inversor é a forma de onda. As formas de onda mais comuns são: a quadrada, a quadrada modificada e a sinusoidal. Esta é uma indicação da qualidade do inversor e quanto mais perfeita for à sinusoidal a saída do inversor maior vai ser o seu custo. Ela depende do método de conversão e filtragem utilizado para eliminar os harmônicos indesejáveis resultantes da conversão.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DE TRABALHO

3. METODOLOGIA

3.1. Métodos de Procedimento

Constituem etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenómenos menos abstratos. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenómeno e estão limitadas a um domínio particular. (MARCONI, 2007, p. 223)

TRAUSILLO (1974) considera que método é a forma de proceder ao longo de caminho. Na ciência os métodos constituem os instrumentos básicos que ordenam de início o pensamento em sistemas, traçam de um modo ordenado a forma de proceder de um cientista ao longo de um percurso para alcançar um objectivo.

Olhando para a primeira definição, método traz à luz, o mais concreto em termos de actividades realizadas na sua pesquisa, limitando vários pontos de fundamentação teórica.

Olhando para a segunda definição, o autor enfatiza o modo da realização das actividades concretas ao longo do percurso das actividades de pesquisa. Desta feita o método ordena a trajectória do pesquisador ao longo do trabalho.

Os métodos a serem usados para o alcance satisfatório dos objectivos são a saber:

- Método Quantitativo e,
- Método Qualitativo.

a) *Método Quantitativo*

RICHARDSON (1985) citado por BOAVENTURA (2009), caracteriza o método quantitativo *“pelo emprego de quantificação tanto nas modalidades de colecta de informação, quanto no tratamento dessas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples como percentual, média, desvio padrão, ás mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão, etc.”*

b) Método Qualitativo

BOGDAN & BIKLEN (1994) caracterizam a investigação qualitativa como fonte directa de dados no ambiente natural, constituindo-se o pesquisador no instrumento principal; é uma pesquisa descritiva em que os investigadores interessam-se mais pelo processo do que pelos resultados, examinam os dados de maneira indutiva e privilegiam o significado.

3.2. Técnicas

Consideradas como um conjunto de preceitos ou processos de que serve uma ciência, são também a habilidade para usar esses preceitos ou normas, na obtenção de seus propósitos. Correspondem, portanto, á parte prática de colecta de dados (LAKATOS, 2007, p. 224)

SEVERINO (2007) considera as técnicas, os procedimentos operacionais que servem de mediação prática para a realaização das pesquisas.

Técnicas de pesquisa correspondem a normas ou procedimentos práticos que auxiliam na obtenção e análise de dados para uma área científica. O presente trabalho serve-se das seguintes técnicas de pesquisa:

a) Observação Directa

LAKATOS (2007) considera que a observação utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar factos ou fenômenos que se deseja estudar.

O uso desta técnica permite uma análise mais individualizada do pesquisador. Onde este faz exame dos fenômenos que pode verificar directamente pelos órgãos visuais de sentido. A sua escolha deve-se ao facto de, esta técnica permitir a ligação trabalho-pesquisador.

3.5. Delimitação do Universo

Delimitação da Pesquisa

A pesquisa se enquadra nos seguintes aspectos:

a) Delimitação contextual

Ligada a área de Produção e Distribuição de Energia Eléctrica e especificamente nos Sistemas Fotovoltáicos e Instalações Eléctricas de Baixo Consumo.

a) Delimitação Temporal

Início do trabalho: 01 de Julho de 2011

Fim do trabalho: 31 de Julho de 2011

b) Delimitação Espacial

Poderá ser implementada em uma zona urbana de Moçambique desde que tenha as características que favoreçam à implantação do sistema fotovoltaico proposto.

4. TÉCNICAS DE DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS LIGADOS À REDE

O projecto e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos ligados à rede dependem essencialmente das condições apresentadas a seguir:

- Do espaço disponível nos telhados, sua orientação e ângulo de inclinação;
- Das especificações técnicas dos módulos e inversores;
- Localização geográfica, longitude e latitude;
- Temperatura do local;
- Requisitos estéticos do edifício;
- Disponibilidade financeira.

As principais condições que limitam a potência instalada são a área disponível e o valor monetário que se pretende investir.

O projecto de sistemas fotovoltaicos pode ser dividido nas seguintes tarefas:

- Estimativa inicial da potência instalada baseada na área disponível e no financiamento;
- Selecção do módulo solar;
- Selecção do inversor compatível ou de uma configuração de inversores compatível com o módulo;
- Estabelecer a configuração óptima módulo-inversor;
- Efectuar a listagem dos componentes;
- Estimativa da energia produzida baseada nos dados da radiação solar do local;
- Considerar aspectos adicionais tais como protecções contra sobrecarga.

Após a definição do valor do investimento e da área disponível para implementação dos painéis fotovoltaicos pode proceder-se á selecção dos componentes do sistema.

a) **Selecção do Módulo**

Para satisfazer as necessidades de produção têm que ser ligados em série (aumentando o valor de tensão) ou em paralelo (aumentando o valor da corrente).

Para o cálculo do número de módulos torna-se necessário possuir os seguintes dados:

- Potência de pico do painel (que se determina em função do custo e área disponível);
- Dimensões da superfície;
- Dimenções do módulo;
- Número de módulos a ligar por fileira tendo em vista o inversor.

O número de módulos é calculado é calculado através do quociente entre a potência de pico do painel e potência de pico do módulo escolhido, como mostra a equação:

$$N^{\circ} \text{Módulos} = \frac{P_{\text{PicoPainel}}}{P_{\text{PicoMódulo}}}$$

Após isso se torna necessário verificar se é possível colocá-los no espaço disponível para o efeito. Muitas vezes as restrições em termos de espaço disponível podem condicionar o número de módulos que constituem o painel e o modo como estes vão ser ligados.

b) Verificar a tensão dos módulos para diferentes condições de funcionamento

Nesta fase, o valor da tensão dos módulos deve ser determinado, tendo em conta que no Inverno, quando se verificam temperaturas mais baixas, a tensão atinge o valor mais elevado, enquanto que no Verão, quando os módulos experimentam temperaturas mais elevadas, a sua tensão regista valores mais baixos. A informação necessária para a verificação das tensões para as temperaturas mínima e máxima é a seguinte:

- Tensão e corrente correspondentes ao ponto de potência máxima do módulo, V_{PPM} e I_{PPM} ;
- Tensão de circuito aberto para baixas temperaturas (-10°C)

Os valores para a tensão máxima, V_{PPM} , para a corrente máxima, I_{PPM} , e tensão em circuito aberto V_{ca} , são dados fornecidos pelos fabricantes em condições STC no plano do painel.

A tensão de circuito aberto para a temperatura mínima e máxima verificadas no local deve ser calculada utilizando o coeficiente de variação com a temperatura, também fornecido pelo fabricante.

c) Cálculo da tensão para as temperaturas extremas do modulo (-10°C e 70°C)

Considerando uma variação média anual da temperatura no plano do painel entre -10°C e 70°C , os devidos absolutos relativamente à temperatura de 25°C (STC) é de -35°C e 45°C respectivamente.

Assim: $V_{ca} (a -10^{\circ}\text{C}) = V_{ca} (a 25^{\circ}\text{C}) + 35 \times T_c (V_{ca})$

$$V_{PPM} (a -10^{\circ}\text{C}) = V_{PPM} (a 25^{\circ}\text{C}) + 35 \times T_c(V_{ca})$$

$$V_{PPM} (a 70^{\circ}\text{C}) = V_{PPM} (a 25^{\circ}\text{C}) - (45 \times T_c (V_{ca}))$$

Em que:

$V_{cca} (a -10^{\circ}\text{C})$ é a tensão em circuito aberto a -10°C ;

$V_{ca} (a 25^{\circ}\text{C})$ é a tensão em circuito aberto a 25°C ;

$T_c (V_{ca})$ é o valor de variação da tensão em função da temperatura;

$V_{PPM} (a -10^{\circ}\text{C})$ é a tensão em função da temperatura;

V_{PPM} (a 70°C) é a tensão máxima a 70°C

O valor mais elevado da tensão em circuito aberto verifica-se para a temperatura mais baixa (-10°C). O mesmo acontece para o valor máximo da tensão.

d) Seleção do Inversor

Em sistemas fotovoltaicos com potências baixas e onde a superfície possui uma orientação e inclinação uniforme e não existem sombreamentos deve utilizar-se um único inversor para potências até 5kW. Em sistemas com potências mais elevadas, a utilização de mais que um inversor pode ser vantajosa na medida em que aumenta a fiabilidade do sistema.

e) Verificação dos limites de tensão e da tensão do módulo

A tensão dos terminais deve tomar valores compreendidos entre o limite mínimo e o limite máximo da tensão correspondente ao ponto de potência máxima do inversor (dados fornecidos pelo fabricante), isto é, dentro da variação da tensão para a qual o inversor se adapta ao ponto correspondente à máxima da tensão de entrada do inversor.

O valor da tensão em circuito aberto da fileira deve também ser verificado de modo a assegurar que é inferior ao valor da tensão de entrada do inversor.

Geralmente o valor máximo da tensão aos terminais de cada fileira ocorre para o valor mínimo de temperatura enquanto o valor mínimo da tensão corresponde ao ponto de potência máxima da fileira, que se verifica para o valor mais elevado de temperatura. Tendo em conta estas condições é necessário determinar o número de módulos a ligar em série/paralelo.

A gama de variação da tensão de entrada no inversor $V_{PPM\ Max}$ e $V_{PPM\ min}$ determina o número de módulos a ligar em série ou seja o número de módulos por fileira.

$$N^{\circ} \text{máx de Módulo} = \frac{V_{PPM\text{máx}}}{V_{PPM}(-10^{\circ}C)}$$

$$N^{\circ} \text{máx de Módulo} = \frac{V_{PPM\text{máx}}}{V_{PPM}(70^{\circ}C)}$$

Deve assegurar-se que a tensão nos terminais de cada fileira se encontra dentro da gama de variação da tensão do inversor, para a qual este tem capacidade de extrair a potência máxima da fileira, o mínimo de módulos de cada fileira não deve ser inferior ao número mínimo de módulos calculados e nem superior ao máximo de módulos calculados.

O valor máximo da tensão em circuito aberto ocorrerá a uma temperatura de $-10^{\circ}C$ no plano do painel quando a fileira se encontrar em circuito aberto. De modo a assegurar que o valor máximo da tensão V_{ca} de entrada do inversor não é excedido em nenhuma circunstância o máximo de módulos por fileira deve ser o seguinte:

$$N^{\circ} \text{máx de Módulo} = \frac{V_{dc\text{Máx}}}{V_{ca}(-10^{\circ}C)}$$

f) Configuração do painel compatível com o inversor

Nesta fase do projecto é necessário verificar se o número total de módulos inicialmente calculado pode ser dividido em fileiras com o mesmo número de módulos. Esta é uma condição essencial de ser escolhido um inversor central. No entanto uma solução mais cara baseada na configuração inversor de fileira suporta fileiras com diferentes números de módulos.

$$N^{\circ} \text{fileiras} = \frac{N^{\circ} \text{módulos}}{N^{\circ} \text{módulos / fileira}}$$

A nova potência do sistema é calculada através da equação:

$$P_{\text{corrigida}} = N^{\circ} \text{fileiras} \times N^{\circ} \text{máx Módulos}$$

Dependendo da configuração a adoptar, o processo de projecto e dimensionamento de sistemas fotovoltaicos envolve a avaliação das possíveis soluções. O mínimo total de módulos, a potência de pico do painel, o tipo de módulos ou de inversor ter que ser modificado.

Onde:

N – número de módulos necessários;

Pt – potência nominal total da instalação fotovoltaica, em Wp;

Pp – potência nominal de cada módulo, em Wp.

Assim, ao se dimensionar um sistema de 1,5 kWp com módulos de 75 Wp, serão necessários 20 módulos para cada sistema instalado

Dada energia gerada pelo sistema fotovoltaico em um ano (Eg) e potencia nominal do sistema fotovoltaico (Pn), calcula-se o valor do Factor de potência através da equação:

$$FC = \frac{Eg}{Pn \cdot 24 \cdot 365} \cdot 100\% = \frac{2285,43}{(1,5 \cdot 24 \cdot 365)} \cdot 100\% = 17,39\%$$

Assim, o FC estimado para o sistema de 1,5 kWp é de 17,39 %. O que significa que apenas 17,39 % da capacidade total máxima do sistema é utilizada, uma vez que o sistema não opera com medidores unidirecionais, permite oferecimento de subsídio sobre toda a energia fotogerada e não apenas sobre o montante que não foi utilizado pela edificação.

b) Descrição do Material

Os módulos utilizados têm potência máxima de 75 Wp e o inversor tem saída AC máxima de 1750 W e eficiência de 90 %. Para os condutores de corrente contínua, utiliza-se cabos flexíveis, unipolares, de seção nominal de (#)6 mm², com isolamento simples e classe de tensão de 600 V e para os de corrente alternada são do tipo tripolar (fase, neutro e terra), de seção nominal de (#) 6 mm², com isolamento duplo e classe de tensão de 600 V. Para a proteção de corrente contínua utiliza-se fusível de 15 A e para a de corrente alternada, disjuntor termo-magnético tripolar de 15A.

c) Ilustração dos Materiais

Esta tabela ilustra de uma forma mais esclarecedora os materiais utilizados

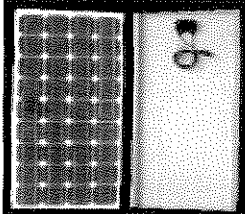
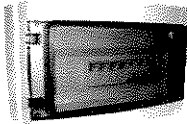


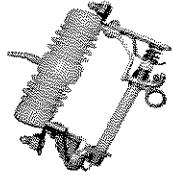

Equipamento	Quantidade	Ilustração
Módulos 75 Wp	20 Unidades	
Inversor 1750 W	1 Unidade	
Condutor unipolar	1 Rolo de 50m	
Condutor tripolar	1 Rolo de 50m	
Chave fusível	1 Unidade	
Disjuntor termo-magnético tripolar mão-de-obra	1 Unidade	
TOTAL		

Tabela 4: Materiais necessários na instalação

(Fonte: <http://www.google.com/search>)

CAPÍTULO IV – CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Após a elaboração do trabalho referente aos painéis solares ligados a rede eléctrica, torna-se imperioso trazer algumas conclusões e recomendações aos moçambicanos em geral.

5. Conclusão

Após a análise minuciosa dos procedimentos a usar e das vantagens das instalações fotovoltaicas ligadas a rede eléctrica de distribuição, conclui-se que torna-se viável o uso desta tecnologia. É uma tecnologia que torna os custos relativamente baixos em comparação com o actual sistema para os consumidores, mesmo com os custos pouco elevados de sua instalação.

Conclui-se também que Maputo tem condições favoráveis para a implementação deste tipo de tecnologia, apenas uma aposta neles e investimento por parte do governo de forma a incentivar a população a aderir aos serviços através de subsídios da montagem. São instalações que conferem segurança, não só pela durabilidade e resistência á agressividade do ambiente, assim como no perigo da electricidade que produz, pois os níveis de tensão podem ser variados de forma simples na sua produção.

Para além de uma energia limpa e flexível, uma das mais poderosas atracções que os sistemas conferem é a da possibilidade de venda de energia por parte dos consumidores para a concessionária, injectando-a através da própria rede.

5.2. Recomendações

Com base nos resultados deste trabalho e nas conclusões feitas, o autor recomenda: Instalação a curto prazo de sistemas fotovoltaicos ligados à rede eléctrica nas residências das famílias da cidade de Maputo, devido ao carácter da sua importância e rentabilidade para com o consumidor e a concessionária.

falta de enumeração e ordem

A/
v
=

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TIPLER, P. A. & MOSCA, G.. *Física: Electricidade de Magnetismo*. 5.ed., Rio de Janeiro LTC, 1993, 1p.

MARKVART, T. *Solar Electricity*. 2nd ed. 1994 e 2000

MAYCOCK, P. , *Photovoltaics: Sunlight to Electricity in One Step*. Andover: Brick House. 222 p. 1981.

PROGRESS IN PHOTOVOLTAICS: RESEARCH AND APPLICATIONS. Short Communication:
Solar Cell Efficiency Tables (Version 32). Jun, 2008.

TREBLE, F., *Generating electricity from the sun*. Oxford : Pergamon. 1991,293 p.

LAKATOS, E & MARCONI, M.. *Metodologia de Investigação Científica*. 3.ed. São Paulo, 2000, pp(44-45)

TIPLER, P. A. & MOSCA, G.. *Física: Electricidade de Magnetismo*. 5.ed., Rio de Janeiro LTC, 2006, 1p.

AFONSO, T. *Metodologia da Ciência*.2.ed. Rio de Janeiro,Kenedy, 1974

GOLDENBERG, Marian. A. *Arte de Pesquisar: com fazer pesquisa qualitativa em ciências*.7ª edição, 2003.

LAKATO, Eva Maria; MARCON, Maria de Andrade. *Fundamentos de Metodologia Científica*, São Paulo: Atlas, 6ª Edicao,2005.

<http://noticias.sapo.mz/aim/artigo/42960.html>

<http://www.ionline.pt/conteudo/17032-mocambique-governo-pondera-fazer-linha-energia-cahora-bassa-e-maputo>

<http://www.solenerg.com>

Por: Hélio Augusto Muzamane