

Universidade Federal de Lavras

Novas perspectivas para a energia solar no Brasil

JOSÉ TOMAS NIEDHARDT

Lavras – Minas Gerais – Brasil  
2009

JOSÉ TOMAS NIEDHARDT

## Novas perspectivas para a energia solar no Brasil

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia para obtenção do título de especialista.

Orientador:  
Prof. Carlos Alberto Alvarenga

LAVRAS – MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

JOSÉ TOMAS NIEDHARDT

Novas perspectivas para a energia solar no Brasil

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia para obtenção do título de especialista.

APROVADA em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_.

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_

Prof. \_\_\_\_\_  
UFLA  
(Orientador ou Presidente da Banca)

LAVRAS – MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

## **DEDICATÓRIA**

Esta monografia é dedicada ao Eterno, criador de todas as coisas, em primeiro lugar, como inspirador maior, seguindo-se aos meus saudosos pais, sonhadores, que me incentivaram, bem cedo, no amor ao próximo, nas artes e nas ciências naturais, dando-me as leituras: A Torah, Seleções e a Enciclopédia “O Tesouro da Juventude”.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao Prof. Carlos Alberto Alvarenga, meu orientador, pelos numerosos sites e orientações, também ao mestre, coordenador - FAE, Prof. Gilmar Tavares, pela paciência e pela atenção dispensada, assim como à Dra. Ana Flávia Nogueira, coordenadora do LNES – UNICAMP, e seu Pós - Doutorando, o engenheiro Agnaldo de Souza Gonçalves, que colaboraram com informes, fotos e apresentações pessoais.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE TABELAS .....	ii
RESUMO .....	iii
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	10
3 ENERGIA SOLAR .....	11
3.1 Energia do sol. ....	11
3.1.1 Energia solar química .....	11
3.1.2 Energia solar térmica .....	12
3.1.3 Energia solar elétrica .....	12
3.2 A importância da energia solar .....	13
3.3 História de pesquisas da energia solar .....	13
3.4 Vantagens na utilização da energia solar .....	14
4 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA ( TFV ) .....	15
4.1 Aplicações afins. ....	15
4.1.1 Sistemas de saúde .....	15
4.1.2 Comunicações. ....	15
4.1.3 Eletrificação rural .....	15
4.1.4 Estações científicas. ....	15
4.2 Composição física de sistemas FV. ....	15
4.3 Material semicondutor utilizado; Efeito - FV; Doping. ....	16
4.4 Células solares conhecidas. ....	18
4.4.1 Células primárias ou convencionais .....	18
4.4.2 Células de filme.....	19
4.4.3 Células de Ribbon.....	19
4.5 Estruturas básicas na produção de células - FV .....	20
5 TECNOLOGIA FV DE FILMES (PELÍCULAS DELGADAS). ....	21
5.1 Introdução. ....	21
5.2 Importância das células de filmes delgados. ....	21
5.3 Vantagens e desvantagens das células de filmes delgados.....	21
6 SISTEMA FV TRIDIMENSIONAL . ....	22
6.1 Célula solar de fibra óptica. ....	22
6.2 Corantes fotoquímicos. ....	22
6.3 Gerador fotovoltaico. ....	23
6.4 Sistema híbrido. ....	23
6.5 Células compridas . ....	23
7 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA DO TiO <sub>2</sub> . ....	25
7.1 Introdução . ....	25
7.2 Importância das células solares de TiO <sub>2</sub> . ....	25
7.3 História de pesquisas com TiO <sub>2</sub> . ....	26
7.4 Vantagens da tecnologia do dióxido de titânio . ....	26

7.5 A Tecnologia propriamente dita. ....	26
7.6 Roupas inteligentes. ....	28
7.7 Metas de desenvolvimento da tecnologia TiO <sub>2</sub> . ....	29
8 PANORAMA MUNDIAL DA ENERGIA FOTOVOLTAICA. ....	30
8.1 Índia gigante . ....	30
8.2 Energia solar concentrada .....	32
8.3 Novidades em Tecnologia Fotovoltaica .....	40
9 ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO.....	41
9.1 Introdução.....	41
9.2 Objetivo . ....	42
9.3 Objetivo futuro. ....	42
9.4 Tecnologia usual.....	42
10 AQUECIMENTO SOLAR DE BAIXO CUSTO (ASBC) . ....	44
10.1 Introdução .....	44
10.2 Histórico do ASBC . ....	44
10.3 Princípio de funcionamento do ASBC .....	44
10.4 Projeto ASBC .....	45
10.5 Reservatório ASBC.....	45
10.6 Coletor Termossolar ASBC .....	46
10.7 Dimensionamento ASBC .....	47
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Espectro solar. ....	02
FIGURA 2 - Experiência com junções NPN .....	18
FIGURA 3 - Experiência com células solares a – Si . ....	19
FIGURA 4 - Protótipo de célula solar com fibra óptica com nanopilares. ....	22
FIGURA 5 - Módulo de TiO <sub>2</sub> com seus autores. ....	25
FIGURA 6 - Sistema FV residencial. ....	27
FIGURA 7 - Representação painel solar gigante . ....	30
FIGURA 8 - Sistema concentrador de energia Termossolar. ....	32
FIGURA 9 - Usina Termossolar no deserto do Mojave - Califórnia. ....	33
FIGURA 10 - Concentrador parabólico solar.....	33
FIGURA 11 - Painel fotovoltaico da heliodinâmica .....	35
FIGURA 12 - Experiência serial com transistor e células solares. ....	36
FIGURA 13 - Na Itália, os painéis da Millennium Solar. ....	37
FIGURA 14 - Painel solar básico . ....	38
FIGURA 15 – Sinalizador de rodovia. ....	38
FIGURA 16 – Iluminação pública sem fiação. ....	38
FIGURA 17 – Telecomunicação com painel . ....	39
FIGURA 18 – Iluminação pública . ....	39
FIGURA 19 - Dimensionamento . ....	39
FIGURA 20 - Quebra - Molas luminoso . ....	40
FIGURA 21 – Chalés em São Paulo. ....	45
FIGURA 22 - Indicação do forro PVC para painel de aquecimento.....	46
FIGURA 23 – Sistema aquecimento ASBC- Prof. Augustin Woelz na USP – IPEN .....	47



## LISTA DE TABELAS

TABELA – 1 Lista das faixas de materiais em bandas de condução. ....	17
--	----

## RESUMO

Tecnologias solares utilizando os raios luminosos do sol têm atraído, há milênios, a atenção e interesse para a utilização racional, inicialmente visando o calor para secagem de grãos, e várias aplicações semelhantes na agricultura e pecuária, como na extração de sal por evaporação. Apresentam-se sistemas de baixo custo, como o Aquecimento Solar de Baixo Custo (ASBC), de uso popular. A outra área, além da “Termossolar”, tem-se a “energia solar fotovoltaica”, que se destina à produção de energia elétrica, através dos fótons incidentes, com aplicação na iluminação, na alimentação de equipamentos médicos, telecomunicações, informática, elementos móveis terrestres, marítimos e aéreos. Novidades são focalizadas, com tecnologia emergente, prometendo baixo custo, eficiência e flexibilidade na utilização, diante das situações vivenciadas nos dias atuais, diante da crescente agressão ao meio ambiente, assim como nas limitações dos recursos disponíveis em extinção, como os fósseis e outros meios poluidores. Enfatiza-se, outrossim, a possibilidade de economia da energia elétrica, visto que 10% de todo o consumo, no país, é gasto na utilização de aproximadamente 50 milhões de chuveiros de uso diário. Aqui, a forma de Energia Termossolar interage no controle da energia elétrica de consumo, além da energia fotovoltaica que abastece o usuário, possibilitando a venda de energia excedente às concessionárias convencionais. A razão de optarmos pelas duas áreas é, de certo modo, o interesse nessa interação, com vista ao produto final: economia com qualidade de vida!

Palavras-chave: Aquecimento; Energia solar; energia termossolar; energia fotovoltaica

# 1 INTRODUÇÃO

Tudo o que existe na terra, como no mundo animal, no vegetal e no mineral, continua sendo influenciado pelos raios do Sol. A fotossíntese, sem a presença da energia solar, não existiria, como também não haveria alimento e não haveria vida. Fica bem claro que o Criador não fez apenas a “iluminação ambiental”, mas os detalhes são tantos que nunca o homem terá posse de todo o conhecimento que o cerca, mesmo extrapolados os 5770 anos como residente na terra. A potência da Radiação Solar que atinge a nossa atmosfera é estimada em cerca de 174 milhões de Gigawatts. Como em Itaipu temos 18 Turbinas, produzindo 700 mil kW cada, a sua Potência plena é de 12.600.000 kW. Dividindo-se os 174 milhões de GW por 12.600.000 kW, temos a relação de 14 milhões de vezes a potência instalada de Itaipu. Com o passar dos séculos, o homem foi criando em torno de si novas necessidades, visando melhorar a sua condição de vida na terra, além das necessidades básicas de sobrevivência, olhando para a natureza, tentando “*COPIAR*” muita coisa natural existente, assim como o Sonar, o Radar, o Ultrassom Médico, inventados pela “eco localização”, ao observar-se os recursos naturais utilizados pelos morcegos. Atualmente, as pesquisas sobre os olhos do Caranguejo prometem incrementar as futuras câmeras de vídeo, DVDs e demais equipamentos que utilizam o vídeo, triplicando as três cores básicas.

Os raios solares, inicialmente captados para o “aquecimento” como um recurso “termossolar”, foi mais tarde (1836) estudado por Becquerel, obtendo-se o “Efeito Fotovoltaico”, chegando ao ponto básico da atual plataforma científica ao obter-se uma tensão-dc a partir da Incidência dos raios sobre a Junção – PN, conhecida nos EUA desde 1947. Interessante observar-se que essa energia não causa “poluição”, como ocorre com a energia proveniente de fósseis, obtidas pela sua queima.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho objetiva a apresentação conceitual, tal como os aspectos práticos de manufatura e da utilização dos modelos mais simples, como o ASBC, estudado teórica e praticamente na ONG “Sociedade do Sol”, no IPEN –USP, em Outubro de 2009, comparando-os com os conhecidos modelos comerciais e seus desempenhos respectivos, como : temperatura obtida, produção quantitativa de água quente, custos manutenção, durabilidade, economia, benefícios diretos às populações mais carentes. Nos capítulos seguintes são apresentados os Painéis Solares Fotovoltaicos, saindo do modelo básico, já conhecido, passando às inovações com maior eficiência, como os fabricados no Deserto do Neguev – Israel, e finalmente desembarcando, no Brasil, um produto nascido na UNICAMP, com as pesquisas de brasileiros, e perfilando as suas características de leveza, flexibilidade mecânica, baixo custo e alto rendimento, tudo isso numa tecnologia promissora do “Dióxido de Titânio” (TiO<sub>2</sub>), conhecido pela sua pigmentação, nos vernizes. Espera-se que as indústrias partam para a prática real.

### 3 ENERGIA SOLAR

#### 3.1 Energia do sol

A Terra recebe Energia Radiante do Sol, emitindo uma quantidade idêntica. A emissão depende da temperatura da Terra, ou seja, a temperatura do planeta Terra é também a temperatura de equilíbrio na qual a absorção é igual à emissão de radiação. Assim, se a absorção mudar, a temperatura de equilíbrio deverá ser modificada. A Energia Solar radiante recebida pela Terra ( $174 \times 10^{15} \text{W}$ ) = 174 milhões de GW (\*) 30% é refletida, 19% absorvida pela atmosfera e radiada posteriormente, 19% é absorvida. Os 19% de energia solar absorvida penetrante servem de “força motriz” para as correntes marítimas, ondas, força motriz dos ventos. Os 51% restantes são retidos pela superfície. (\*) Constante Solar =  $1395 \text{ W / m}^2$   
Área da Terra =  $[(6,3 \times 10^6)^2 \times \pi] \text{ m}^2$

Energia Solar Recebida =  $124 \times 10^{12} \times 1395 = 174 \times 10^{15} \text{ Watts} = 174 \text{ Bilhões de MW}$ .

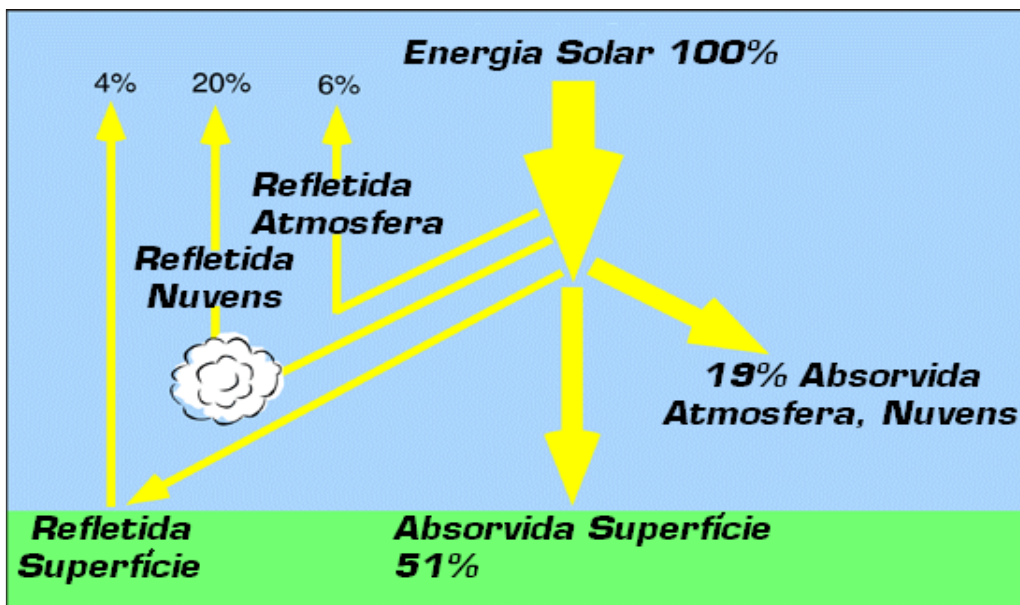


Figura 1 - Espectro solar, para a Terra ( Fonte: Wikipédia – Enciclopédia Livre )

Apenas uma pequena percentagem radiativa, penetra nos sistemas biológicos, pela fotossíntese, nas plantas e noutros organismos, 0,02% do total. Existem três formas de captação de Energia Solar: a química, a térmica e a elétrica.

#### 3.1.1 Energia solar química

Todos os organismos biológicos absorvem a energia solar, sintetizando carboidratos a partir de água e do dióxido de carbono, tal energia é então dissipada através de uma cadeia alimentar e em última instância é então re-irradiada para o espaço p.

### 3.1.2 Energia solar térmica

A energia solar produz calor ao incidir sobre um conjunto de moléculas. As moléculas na superfície dos materiais excitam-se ao receber energia radiante produzindo calor através de processos de absorção de fótons, aceleração de elétrons e difusão. A conversão térmica da energia solar fundamenta-se na absorção da energia radiante por uma superfície negra. Este processo varia com o tipo de material absorvente. Envolve difusão, absorção de fótons, aceleração de elétrons, múltiplas colisões, mas o efeito final é o “aquecimento”, ou seja, a energia radiante de todos os comprimentos e amplitudes de onda transforma-se em calor. As moléculas das superfícies excitam-se, ocorrendo um incremento de temperatura. O coeficiente de absorção de vários tipos de absorventes negros varia entre 0,8 e 0,98, a energia restante é refletida.

### 3.1.3 Energia solar elétrica

A transformação de “energia solar” em “energia elétrica” pode ocorrer através de dois processos: a conversão Termoelétrica e a conversão Fotoelétrica.

#### Pela conversão Termoelétrica

Quando se aquece um eletrodo, muitos dos elétrons adquirem energia para escapar. Converte-se em um emissor de elétrons, ou “cátodo emissor”. Outro eletrodo colocado próximo ao cátodo emissor, estando suficientemente frio, receberá os elétrons emitidos, convertendo-se num “ânodo coletor”. Se entre este cátodo e ânodo existir uma carga, então surgirá a corrente intereletródica. Todavia, uma corrente elétrica será significativa, se houver as condições de altas temperaturas locais: “Os termopares”. Podem-se montar circuitos que consistam de dois condutores diferentes, contanto que os dois se unam, tal que haja uma diferença de temperatura entre eles ( $\delta T$ ), assim, também será gerada a corrente elétrica, uma ddp - diferença de potencial, quando uma das uniões permanece aberta. São muito utilizados em “Instrumentação de Caldeiras e de Fornos”. Tais “termopares”, também utilizados para produzir corrente elétrica e, quando vários deles são ligados em série, nasce a chamada “Pilha Termoelétrica”. A “união quente” pode ser produzida através de um “Coletor Solar de Placas Planas”.

## Pela conversão Fotoelétrica

Como o Sol é uma fonte praticamente inesgotável de energia, a utilização desta energia possibilita uma redução significativa dos custos energéticos, a energia solar e seus circuitos podem ainda ganhar outros circuitos, como “Energia Eólica” e outras mais. Em Israel, mediante instalação de “tapetes piezelétricos em estradas”, é possível alimentar vilarejos residenciais, pelo menos no tocante a sua iluminação. O Efeito Fotovoltaico foi descoberto pelo físico Becquerel, em 1839. Tal fenômeno engloba outros três fenômenos físicos, intimamente ligados e de ocorrência simultânea: a absorção da luz pelo material; a transferência de energia dos fótons para as cargas elétricas; a criação de Corrente Elétrica.

### **3.2 A importância da energia solar**

A Energia Solar tem amplo espectro de utilização, assim como seu comprimento de onda, com suas cores, entre o infravermelho e o ultravioleta. A existência de Coletores Solares para aquecimento de água, assim como os Coletores Fotovoltaicos são muito difundidos, conhecidos e utilizados em grande escala em todo o nosso território nacional. Destiladores, Secadores e outras aplicações permitem ao homem o uso racional da energia, avançando com o progresso tecnológico, quase sem limites. A Alma dos Coletores Solares Fotovoltaicos reside nas Células Solares, destacando-se as Células de Silício Amorfo e Silício Cristalino. Outros materiais em todo o mundo vêm sendo pesquisados, pois o homem está sempre atento às necessidades crescentes, de custo mais baixo, maior eficiência na transformação em energia, e outros predicados que serão considerados ainda neste trabalho.

### **3.3 História de pesquisas da energia solar**

Foi Alexandre Edmond Becquerel, nascido em Paris, no dia 24 de março de 1820 que, em 1839, com apenas 19 anos, estudando o “Espectro Solar”, descobriu o Efeito Fotovoltaico num eletrólito. Em 1876, Adams descobre o Efeito Fotovoltaico ( FV ) no semicondutor Selenio. Em 1900 M. Planck verifica e constata a natureza química da luz. Já em 1930, Shottky estabelece a Teoria do Efeito Fotovoltaico. 1954 – Pearson, Chapin e Fuller montam a 1.<sup>a</sup> Célula Fotovoltaica prática ( mono-silício ). 1958 – São construídas as primeiras Células FV para a alimentação-DC do Satélite Vanguard-1. Década de 60 – as aplicações espaciais da tecnologia- FV. Na década de 70 – Lindmeyer desenvolve as células - FV, incluindo os Poly-Si. Final da década de 70, as aplicações terrestres são bem mais incrementadas. Na década de 80 – são instalados nos EUA e Europa as Centrais Fotovoltaicas Piloto, de médio porte.

### **3.4 Vantagens na utilização da energia solar**

Como Energia Alternativa, apresentam-se as vantagens abaixo, embora a Energia dos Fósseis é que deveria ser denominada “verdadeira alternativa”, pois a Energia Solar é mais importante, natural e básica para todo o planeta Terra:

- Energia Solar de Aquecimento, não só para água, mas também para estufas, fornos, equipamentos de esterilização, cozimento, secagem de produtos agrícolas.

- Energia Solar Fotovoltaica, para a geração de Energia Elétrica ;

#### Características :

- Energia sem Ruído; - Energia Limpa, sem poluição ; - Energia grátis e inesgotável ;

- Energia disponível a todas as camadas sociais; - Energia que permite transformações.



## **4 Tecnologia Fotovoltaica ( TFV )**

### **4.1 Aplicações afins**

Pode-se afirmar que somente a imaginação limita as aplicações desta tecnologia e a obtenção dos benefícios à humanidade, sem poluição, sem agressão à natureza, como se pode constatar nas aplicações seguintes, em número exemplar.

#### **4.1.1 Sistemas de saúde**

Iluminação das Farmácias, Postos de Saúde, Clínicas e Hospitais, com os recursos da Energia Elétrica Fotovoltaica. Neste último apagão, além da carência de iluminação, muitos equipamentos médicos usuais como os Eletrocardiógrafos ( ECGs ), os Cardioversores, Oxímetros de Pulso e Monitores cardíacos, não funcionaram. Esterilizadores, de uso contínuo e básico contra as infecções hospitalares; Sistemas de Refrigeração aos Bancos de Sangue e de Vacinas necessitam de Energia continuada.

#### **4.1.2 Comunicações**

Estações Remotas, tanto como o Sistema de Repetidoras de UHF para Telefonia e TV como na Transmissão e Recepção de Dados, os sistemas via Satélite, os sistemas de Navegação, são elementos dinâmicos, alimentados por Energia Elétrica, muitas vezes de forma remota, como em Radiofarol, sem LT- Linha de Transmissão.

#### **4.1.3 Eletrificação rural**

Iluminação de casas na zona rural; Sistemas de Irrigação; Máquinas de Beneficiamento; Carregamento de Baterias para Motobombas de recalque de água, Radiocomunicação e ainda para as Escolas Rurais.

#### **4.1.4 Estações científicas**

Observatórios astrofísicos; Estações Meteorológicas; Laboratórios de Pesquisa Animal; Pesquisa Agrícola; Pesquisa Mineral e outras.

### **4.2 Composição física de sistemas FV**

O ponto básico, como cerne de um Sistema Fotovoltaico (SFV), é a Célula - FV, pois é em tal núcleo que reside o fenômeno da transformação, nascimento da Energia – FV, a partir da presença da radiação solar incidente na célula. Como só uma Célula não forma um corpo, no

corpo de um painel deve haver muitas células, dispostas serialmente e em paralelo, com a finalidade de se cumprir o dito: “A União faz a Força”, pois trata-se, simplesmente, da real existência da “Força Eletromotriz” criada pelo Gerador Fotovoltaico. Um Módulo Solar, contendo um corpo celular, também conhecido como Painel Solar Fotovoltaico, é normalmente constituído por 30 a 36 células, apresentando cerca de 12 Volts pois cada célula unitária, com luz máxima incidente, produz 0,4V que multiplicados por 30, resultam os 12 Volts, mas que pode conter algo mais, a Tensão de flutuação, próxima dos 14,4 Volts, com o sol a pino.

Verificando-se o “Painel Fotovoltaico”, percebe-se que ele é montado dentro de um quadro rígido, metálico, com uma cobertura transparente no seu anteparo celular, para a proteção relativa às chuvas e poeiras que se locomovem com os ventos.

Pode-se criar certa mobilidade mecânica aos painéis, obtendo-se uma maior incidência dos raios solares, do nascente até o poente, todavia tal investimento pode não retornar, se os motores azimutais sobrecarregarem o consumo elétrico.

No Sistema Fotovoltaico comparecem também as baterias que funcionam, não só para a armazenagem de Energia Elétrica do dia, garantindo o abastecimento noturno, como também servem objetivos de equalização das tensões, durante a passagem das nuvens e chuvas. As Baterias mais usuais são do tipo chumbo-ácido, mas também as modernas, como Níquel-Cádmio, Níquel-Zinco, Níquel-Ferro e, talvez a mais moderna, de Carbono-Oxigênio, que pretende agregar maior carga, ou rendimento tal que será uma Bateria Móvel para os Veículos Elétricos. Quanto ao Inversor de frequência, é o responsável pela conversão de DC em AC, invertendo uma tensão de frequência ZERO em frequência de 60 Hz, permitindo o uso de Transformadores Elevadores, de 12 Vrms para 127 Vrms e/ou 220 Vrms..

### **4.3 Material semicondutor utilizado; Efeito - FV; Doping**

Estudando os Semicondutores como o Silício e Germânio, observa-se que são tetravalentes e, quando tornados intrínsecos, passam a funcionar como “isolantes”, pois com “ligações covalentes”, aparentam estruturas cristalinas altamente equilibradas, tal como os gases nobres ou octovalentes. No processo de Dopagem, ele deixa de ser um material isolante, para ser um intermediário, entre isolante e condutor o “Semicondutor”.

Para a “Dopagem do Silício Intrínseco”, tornando-o extrínseco, aplica-se o Índio, ou Boro, ou Gálio, ou Alumínio, que são átomos “trivalentes” permitindo a formação do Semicondutor tipo-P. Para a fabricação do “Semicondutor do tipo-N”, as impurezas são os átomos “pentavalentes”: antimônio, arsênio. Para a Conversão da Energia Solar Fotovoltaica em Eletricidade, o fenômeno só é explicado pela ação dos Fótons, as partículas pertinentes aos raios do sol. Sua concentração corresponde a cerca de 4.400.000.000.000 Fótons, por

milímetro de área, nos dias mais claros, isto é: quatro quadrilhões e quatrocentos trilhões de fótons num quadradinho de 1mm<sup>2</sup>.

Do montante, incidente perpendicularmente à superfície de uma junção de silício - PN, por segundo, apenas uma pequena fração é aproveitável, lembrando o fenômeno da fecundação humana. O Fóton que penetra na junção acaba liberando um elétron que habitava a sua zona de valência para a Zona de Condução daquele Átomo – Si, gerando “Efeito Hole”, ou a criação de um “buraco” naquela Zona de Valência. Tal processo Fotoelétrico, gerando pares “elétron-lacuna”, como geração de energia em sua *band gap*, no espaço interbandas (banda de valência e banda de condução).

### List of “band gaps”

<b>Material</b>	<b>Symbol</b>	<b>Band gap (eV) @ 300K</b>	<b>Reference</b>
<u>Silicon</u>	Si	1.11	[6]
<u>Selenium</u>	Se	1.74	
<u>Germanium</u>	Ge	0.67	[6]
<u>Silicon carbide</u>	SiC	2.86	[6]
<u>Aluminium phosphide</u>	AIP	2.45	[6]
<u>Aluminium arsenide</u>	AIAs	2.16	[6]
<u>Aluminium antimonide</u>	AlSb	1.6	[6]

Tabela 1 - Lista das faixas de materiais em bandas de condução (Fonte: Wikipédia)

Como em todos os processos de “Conversão” há sempre as “Perdas”, como em um (Trafo) Transformador rebaixador de tensão, entre o seu Primário e o seu Secundário, observa-se, com a própria mão sobre o Trafo ligado à rede elétrica, que ele se aquece, demonstrando-se, na prática, que parte da energia é convertida em Calor, entre outras perdas (Histerese, Foucault, material, disposição geométrica, etc..) esta também está presente neste processo de conversão fotovoltaica (da Luz para a Energia Elétrica). A Célula Solar, na prática didática, pode ser vista e mensurada como um transistor ou até um diodo, de forma descoberta, ou sem a tampa metálica, num exemplar 2N3055, disposto em área aberta, recebendo raios solares, sendo acoplado ao voltímetro, servindo como um minigerador de tensão elétrica (figura 2).

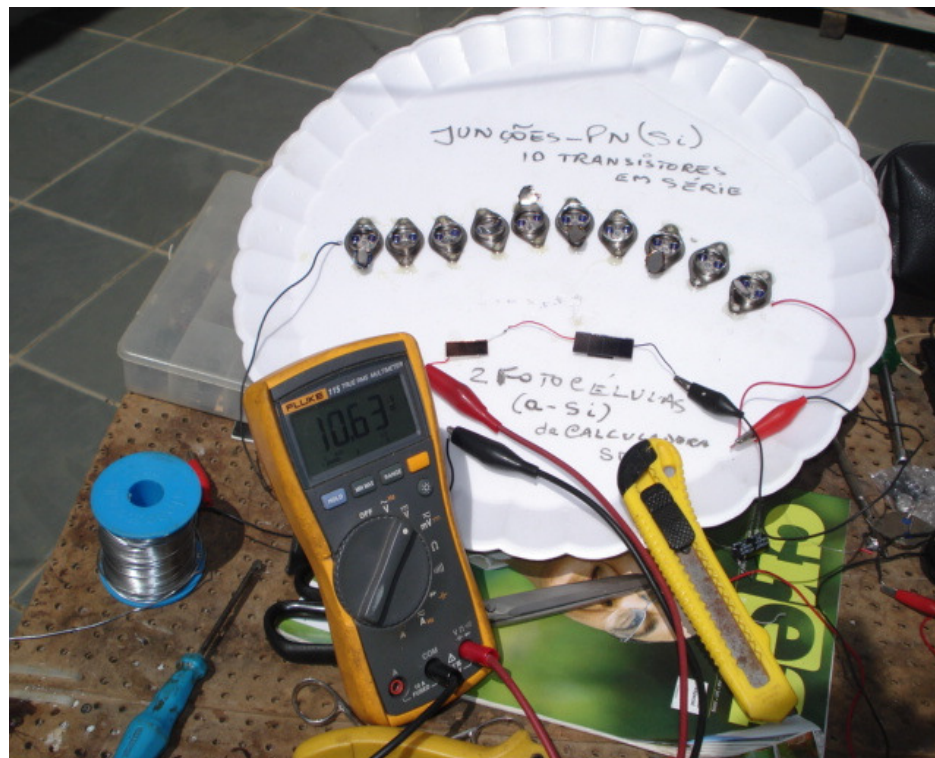


Figura 2 Experiência com junções NPN (Fonte: aluno)

#### 4.4 Células solares conhecidas

Basicamente existem alguns tipos de Células - FV, segundo as suas estruturas físicas, materiais e respectivos graus de Eficiência na geração de energia elétrica. Contudo, o valor máximo de eficiência pesquisado até aqui, não extrapola os 30%, mas, como já foi afirmado, até aqui não é definitivo, uma vez que o material TiO<sub>2</sub> aparenta a maior Eficiência em pesquisas laboratoriais no LNES – UNICAMP, como será focado adiante nos Óxidos de Titânio. As Células - FV podem ser classificadas nos seguintes grupos: Células primárias ou convencionais; Células de Filmes e Células de Ribbon.

##### 4.4.1 Células primárias ou convencionais

Células Primárias podem ser de Silício Monocristalino e Si- Policristalino”.

O Monocristalino é bem comercial, pela conversão direta: Solar => Eletricidade. A fabricação desse tipo requer a extração do cristal de Dióxido de Silício (SiO<sub>2</sub>) em Fornos especiais, que produzem a desoxidação do silício. O nível de pureza do silício chega à faixa dos 99,9999% através do processo Czochralski, sendo fundido com uma substância de dopagem trivalente, como o índio, o boro, ou o gálio, resultando em um Silício-P. Também se funde o silício com substância pentavalente, como o antimônio, de forma a obter-se um cilindro de Silício-N. Cortam-se os cilindros, fatiando-os, para que possam ser montadas estruturas PN,

como em diodos, sendo a “junção” que promoverá a geração de tensão, sob a incidência dos fótons da luz.

Quanto ao custo do Si - Policristalino, suas células são mais em conta, já que a sua tecnologia de produção é mais simples, sem o rigor de pureza do Silício Monocristalino. Todavia, a sua eficiência é inferior ao do “Silício – Monocristalino”.

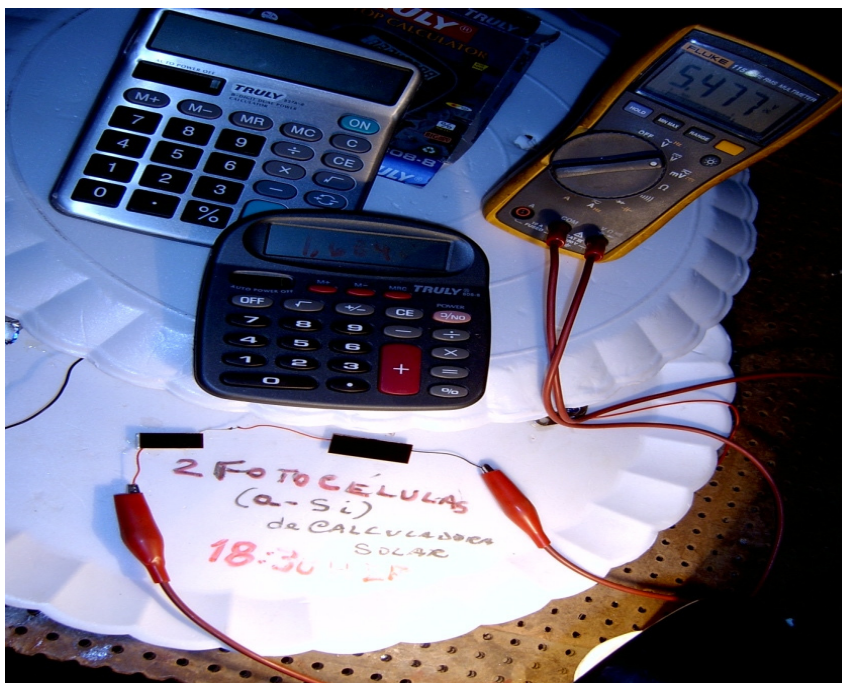


Figura 3 – Experiência com Células Solares a – Si (Fonte: Aluno)

#### 4.4.2 Células de filme

As Células de Filme Fino são construídas com o Silício Amorfo, agregado com outros semicondutores, como o GaAs, Arsenieto de Gálio, o CdTe, Telureto de Cádmio, o  $\text{CuS}_2$ , Bissulfeto de Cobre e Índio. Uma definição simples para as Células de Silício Amorfo (a- Si): ligam-se às estruturas cristalinas criadas pelo “ajuntamento indisciplinado de células de Silício”, com uma eficiência não elevada e vida curta, porém muito utilizadas em Relógios e Calculadoras.

#### 4.4.3 Células de Ribbon

Utilizam-se Fitas finíssimas de Silício cristalino, baseia-se tal tecnologia no  $\text{TiO}_2$ , óxidos de Titânio, sendo as pigmentações conhecidas nas tintas e vernizes, objeto do nosso foco no estudo final, como proposta da ONG “Tezca Células Solares”, em Campinas, visando desenvolver os painéis flexíveis e confecção de vestimentas para técnicos, com geração de eletricidade aplicável em equipamentos portáteis.

## 4.5 Estruturas básicas na produção de células- FV

São pré-requisitos ao entendimento do processo de fabricação das Células – FV os arranjos construtivos aqui apresentados e analisados: a) Estrutura tipo Homojunção; b) Estrutura tipo Heterojunção; c) Estrutura de Pino; d) Estrutura tipo Multijunção;

### a) Estrutura tipo Homojunção:

Nessas Células, o Silício é cristalino (c-Si), utiliza-se apenas um tipo de material, numa junção PN, favorecendo a máxima assimilação de luz, graças ao grau de dopagem, da espessura dos materiais e da baixa opacidade para a captação da luz.

### b) Estrutura tipo Heterojunção:

Aqui, naturalmente se utilizam dois materiais semicondutores diferentes, como CDs, Sulfato de Cádmio. Observa-se a presença destes nas estruturas das Células de Filme fino, com a vantagem da grande absorção da energia luminosa incidente.

Outra vantagem, na fabricação, reside na dopagem de apenas um material, da heterojunção, já na homojunção são dopados ambos os materiais ( tipo P e tipo N ).

### c) Estrutura de Pino:

Estrutura de Três camadas, onde cada uma possui uma condição específica para os portadores de carga. A primeira é do tipo P; a segunda é de material intrínseco, não dopado, e a terceira camada é do tipo N. Quando exposto ao sol, há a presença de elétrons livres e lacunas, no material do meio, intrínseco, enquanto os extremos, P e N, exercerão um campo elétrico sobre o material central, que acaba gerando um potencial elétrico, ou ddp, ou tensão oriunda em tal célula solar fotovoltaica. Pode-se exemplificar tal ação com as células, de ( a-Si ) Silício amorfo. O “sanduíche” de a-Si é feito com um recheio espesso ( intrínseco ), enquanto os extremos são bem finos.

### d) Estrutura tipo Multijunção:

Nesse tipo, obtém-se um índice elevado de conversão energética, de solar para elétrica. A explicação para isso, deve-se ao fato de que são construídas com múltiplas camadas sobrepostas, com band gap de índices diferentes, mas de forma decrescente, sendo que a camada com maior valor de band gap fica no topo, absorvendo alta energia de fótons incidentes, decrescendo no grau de absorção.

## **5 Tecnologia FV de filmes ( películas delgadas )**

### **5.1 Introdução**

Esta tecnologia destaca um grupo específico de células fotovoltaicas “Thin-film cells”, destacando-se promissoramente como uma opção de baixo custo, eficiência e durabilidade. Sua produção em larga escala, com reduzido investimento no processo de fabricação e material, justifica o baixo preço na comercialização desses painéis.

Tais células de Filmes finos se diferenciam de outras tecnologias pela espessura das suas lâminas de material semicondutor, na faixa de 1 um, enquanto que nas células de e-Si a espessura varia de 300 um a 400um.

### **5.2 Importância das células de filmes delgados**

Somente em 1970 o Silício amorfo a-Si começou a ser utilizado em células solares, usuais em equipamentos portáteis: relógios, calculadoras e outros. Na década de 80 entra o Hidrogênio no material, a-Si:H, Silício amorfo Hidrogenado, prometendo maior aplicabilidade na Arquitetura futura, utilizando-se painéis flexíveis, ultra-leves, transparentes, de baixo custo, com aplicação em coberturas, fachadas, letreiros, etc.

### **5.3 Vantagens e desvantagens das células de filmes delgados**

#### **Vantagens sobre as Células convencionais de Silício:**

- Utilização de substratos de baixo custo, como os plásticos, na sua fabricação;
- Reciclagem do material utilizado;
- Agregação na Arquitetura, com resistência mecânica, leveza, durabilidade;
- Atratividade de sua estética;
- Diminuição de Consumo Energético durante a produção e na utilização dinâmica;
- Espessura desprezível, pois refere-se a 1 um ( mil vezes menor que 1mm ).

#### **Desvantagens sobre as Células Convencionais:**

- Baixa disseminação das tecnologias;
- Eficiência inferior às convencionais, demandando maior área para incidência solar;
- Alguns materiais são raros, se comparados ao silício, abundante na Terra;
- Durabilidade menor, para algumas tecnologias, pelo efeito Staebler-Wronski.

## 6 Sistema FV Tridimensional

### 6.1 Célula solar de fibra óptica (pode aposentar painéis solares)

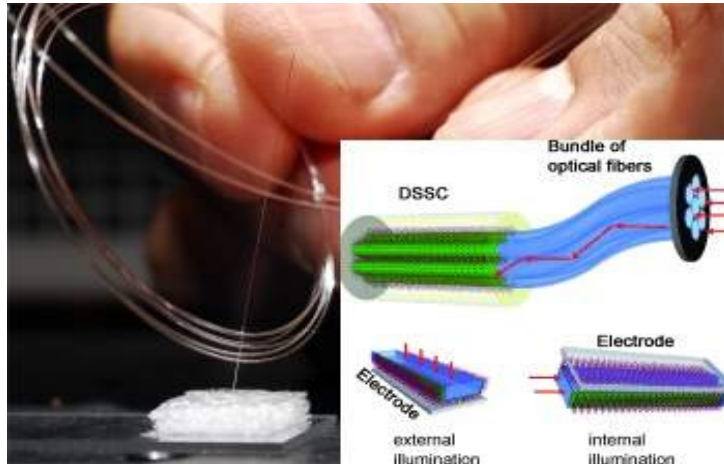


Figura 4 – Protótipo de Célula Solar com Fibra Óptica com nanopilares  
( Fonte: internet )

Protótipo da célula solar baseada em fibras ópticas revestidas com nanopilares e corantes fotoquímicos. No detalhe, o princípio do funcionamento do sistema.

Quando se fala em energia solar, a primeira imagem que surge é a de um painel solar azulado escuro, instalado sobre os telhados das casas e edifícios. Mas essa imagem poderá não corresponder mais à realidade no futuro, graças a uma pesquisa realizada no Instituto de Tecnologia da Geórgia, Estados Unidos.

Os cientistas criaram um tipo de sistema fotovoltaico tridimensional, que pode ser embutido em qualquer local do prédio usando as fibras ópticas para coleta da luz solar.

### 6.2 Corantes fotoquímicos

Partindo de fibras ópticas comuns, do tipo usado em telecomunicações, os pesquisadores criaram nanoestruturas de óxido de zinco em sua superfície, formando uma camada extremamente fina, sobre a qual foram aplicados corantes fotoquímicos utilizados nas células solares orgânicas, conhecidas como DSC (*Dye-sensitized Solar Cells*).

"Usando esta tecnologia, nós podemos fazer geradores fotovoltaicos que são dobráveis, carregáveis e que podem ser disfarçados nas construções," explica Zhong Lin Wang, um dos criadores das células solares 3-D.

Esta mesma pesquisa já havia dado origem a um novo sistema de geração de eletricidade capaz de produzir energia a partir dos movimentos do corpo humano.



### **6.3 Gerador fotovoltaico**

Na célula solar tridimensional, a fibra óptica capta a luz do Sol e a conduz até o local onde as nanoestruturas podem convertê-la em eletricidade. Desta forma, o gerador fotovoltaico propriamente dito não precisa ficar exposto ao Sol.

As células solares orgânicas (DSC) usam um sistema fotoquímico para gerar eletricidade. Elas são flexíveis e baratas de se fabricar, mas possuem uma eficiência bastante inferior a das células fotovoltaicas de silício.

A equipe do Dr. Wang demonstrou que a utilização das nanoestruturas irregulares de óxido de zinco aumenta enormemente a área disponível para que os corantes fotoquímicos convertam a luz em energia, eliminando a desvantagem da baixa eficiência das células DSC.

### **6.4 Sistema híbrido**

A fibra óptica utilizada é inicialmente descascada, expondo o seu núcleo de cristal, sobre o qual é aplicada uma cobertura condutora. Sobre esta superfície são cultivados minúsculos pilares de óxido de zinco, deixando a fibra óptica parecida com uma escova de limpeza. Os nanofios são finalmente recobertos com o material fotoquímico, o verdadeiro responsável pela conversão da luz solar em eletricidade.

Os fótons que entram pela fibra óptica passam através dos nanofios e atingem as moléculas do corante. Os elétrons gerados - a energia elétrica - são captados por um eletrólito líquido colocado entre os pilares de óxido de zinco.

O resultado é um sistema híbrido que pode ser até seis vezes mais eficiente do que as células de óxido de zinco planares com a mesma área superficial.

"Em cada reflexão no interior da fibra, a luz tem a oportunidade de interagir com as nanoestruturas que estão recobertas com as moléculas de corante," explica o Dr. Wang. "Com múltiplas reflexões da luz no interior da fibra, e múltiplas reflexões no interior das nanoestruturas, aumenta muito a chance de que o fóton interaja com as moléculas fotoquímicas, aumentando a eficiência da célula."

### **6.5 Células compridas**

Os pesquisadores fabricaram protótipos da célula solar com fibra óptica de até 20 cm de comprimento, que apresentaram uma eficiência de 3,3%. Eles afirmam que é possível alcançar

de 7 a 8% de eficiência apenas com o aprimoramento da deposição das nanoestruturas. E a eficiência aumenta também conforme o tamanho da fibra.

No próximo passo da pesquisa serão adicionados novos incrementos, como um método melhor de captar as cargas elétricas, substituindo o eletrólito líquido, e a aplicação de uma superfície de TiO<sub>2</sub>, que poderá ampliar ainda mais a eficiência da célula solar 3-D.

## 7 Tecnologia FV dos Óxidos de Titânio ( TiO<sub>2</sub>)

### 7.1 Introdução



Figura 5 – Módulo de TiO<sub>2</sub> com seus autores ( Fonte: LNES – Unicamp )

A professora Ana Flávia Nogueira, coordenadora do LNES, e o aluno de pós-doutorado Agnaldo e Souza Gonçalves. A equipe conta com 15 integrantes da Unicamp.

Barateando a energia solar – Em apenas uma hora, o Sol despeja sobre a Terra uma quantidade de energia que seria suficiente para suprir, durante um ano, todo o consumo global. Apesar disso, a energia solar ainda é pouco explorada no mundo e particularmente no Brasil. No país, a capacidade de geração de energia fotovoltaica, que transforma luz solar em eletricidade, é de 10 mil MW, mas somente 12 MW estão efetivamente instalados em comunidades isoladas. Outros 80 kW integram sistemas conectados à rede elétrica, mas em caráter experimental. “É muito pouco”, constata a professora Ana Flávia Nogueira, do Instituto de Química (IQ) da Unicamp, que lidera um grupo de cientistas que desenvolve novas tecnologias para o aproveitamento da energia solar tão abundante na face da Terra.

### 7.2 Importância das células solares de TiO<sub>2</sub>

O foco dos estudos são semicondutores orgânicos e inorgânicos para aplicação em células solares, conversores dos raios solares em eletricidade. Graças a esse esforço, uma *spin-off* [empresa que surge a partir de um grupo de pesquisa], a “Tezca Células Solares”, criada recentemente, vem atuando nesta área, com sucesso. Essa tecnologia extrapola as tradicionais, pois visa a um bom rendimento na conversão de energia fotovoltaica em energia

elétrica, com baixo custo, flexibilidade na montagem, atrativos que abrirão as portas do mercado internacional.

### **7.3 História de pesquisas com a tecnologia do dióxido de Titânio**

As pesquisas em questão tiveram início em 1996, por ocasião da dissertação de mestrado da professora Ana Flávia, orientada pelo professor Marco Aurélio De Paoli, também do IQ. Atualmente, estudos são realizados no Laboratório de Nanotecnologia e Energia Solar (LNES), que conta com 15 integrantes, entre alunos de iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado. Nos últimos anos, o trabalho tem sido concentrado em duas tecnologias: células fotoeletroquímicas de óxido de titânio (TiO<sub>2</sub>), cujos estudos estão mais avançados, e células fotovoltaicas orgânicas. A vantagem desses dispositivos sobre os encontrados no mercado é o preço, até 80% inferior.

### **7.4 Vantagens da tecnologia do TiO<sub>2</sub>**

A vantagem desses dispositivos sobre os que são encontrados no mercado é o Preço, até 80% abaixo dos valores atribuídos aos modelos convencionais, pois as células são constituídas por materiais semicondutores muito mais baratos do que o silício, base das células convencionais. O óxido de titânio, por exemplo, é um pigmento usado em tintas de parede. Já as células orgânicas utilizam polímeros entre seus componentes. Além disso, o método de preparação utiliza técnicas de baixo custo e não requer toda a sofisticação das células de silício, tornando nossa tecnologia a “futura geração de células solares. Uma vantagem transparente é exatamente em ser transparente o material, podendo ser aplicado em inúmeras soluções. Um exemplo de aplicação futura é na arquitetura. Por hipótese, vamos poder criar painéis solares que substituirão as áreas envidraçadas dos prédios e que serão responsáveis pela geração de parte da energia consumida pelo próprio edifício”, projeta a docente do IQ.

### **7.5 A Tecnologia propriamente dita (TiO<sub>2</sub> )**

As células solares de óxido de titânio desenvolvidas no LNES apresentam uma vantagem adicional. O eletrólito que integra o dispositivo [há ainda dois eletrodos é feito a partir de um polímero, enquanto os modelos convencionais empregam um líquido. “Isso evita eventuais vazamentos, pois o próprio eletrólito age como um selante”, esclarece a professora Ana Flávia. Há que se destacar, porém, que a eficiência das novas tecnologias ainda é inferior a alcançada pelos produtos comerciais. “Nas células à base de silício cristalino, a eficiência varia de 11% a 16%. Nas de óxido de titânio, por exemplo, esse índice gira em torno de 7%. No

LNES, estamos trabalhando para reduzir essa diferença. Ainda há espaço para avançarmos”, adianta a professora Ana Flávia.

A principal aplicação dos dispositivos que estão sendo investigados pelos pesquisadores do IQ é em equipamentos para o uso em ambiente indoor, ou seja, no qual há pouca disponibilidade de luz. “Nossa idéia é produzir células solares que possam ser acopladas e manter funcionando, por exemplo, telefones celulares, notebooks, brinquedos etc.”, afirma. A expectativa do grupo é que os produtos fabricados com base nessa tecnologia sejam colocados no mercado entre 2012 e 2013. Um primeiro protótipo de célula solar de óxido titânio, um módulo medindo 10 centímetros quadrados, já foi produzido pela equipe. Colocado sob a luz de uma prosaica luminária, ele é capaz de movimentar um pequeno motor que faz girar uma diminuta hélice. A docente da Unicamp chama a atenção para a importância desse tipo de pesquisa, lembrando que o Brasil perdeu excelentes oportunidades no passado por não ter investido adequadamente em estudos científicos estratégicos. “Agora é o momento para dominarmos essa tecnologia e tornarmos essas células solares baratas. O mercado de produtos eletrônicos portáteis está crescendo de forma exponencial. Se perdermos essa chance, é muito provável que nos tornemos tecnologicamente dependentes nessa área. O resultado é que continuaremos exportando quartzo, de onde é extraído o silício, e importando componentes semicondutores com alto valor agregado”, adverte a professora Ana Flávia.

#### Instalação com 12Vcc e 110Vac

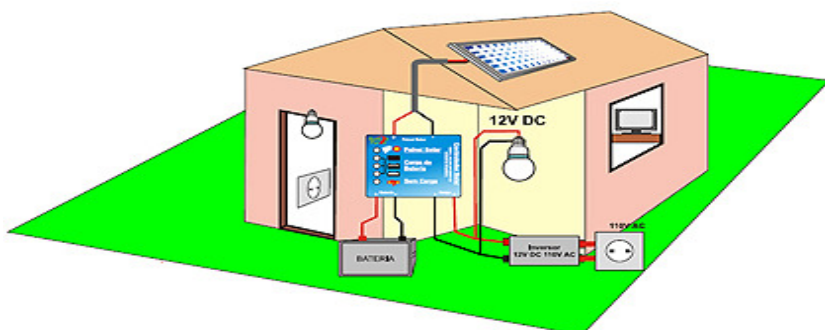


Figura 6 – Sistema FV residencial (Fonte: LNES)

Quanto às células fotovoltaicas orgânicas, as pesquisas ainda estão em fase inicial, entretanto, os pesquisadores observam que elas apresentam características semelhantes às aquelas produzidas a partir do óxido de titânio.

A maior diferença é que as segundas, por contarem com dois eletrodos e um eletrólito, funcionam como se fossem baterias. As primeiras, fotovoltaicas, não apresentam transporte de

íons entre os eletrodos. Há apenas o transporte eletrônico entre dois materiais com afinidade diferente por elétrons.

A grande vantagem das células orgânicas é que elas nos permitem trabalhar com ampla gama de materiais, que apresentam propriedades diferentes. Isso nos possibilitará o desenvolvimento de módulos flexíveis, coloridos ou transparentes, que poderão ser aplicados em inúmeras soluções.

Um exemplo de aplicação futura é na arquitetura. Vamos poder criar painéis solares que substituirão as áreas envidraçadas de prédios, sendo responsáveis pela geração de parte da energia consumida pelo próprio edifício.

## 7.6 Roupas inteligentes

Além de formar pessoal altamente qualificado e desenvolver novas tecnologias para o país, as pesquisas realizadas no LNES também contribuíram para a criação de mais uma “filha” da Universidade, a Tezca Células Solares, *spin-off* que tem por objetivo transformar conhecimento em produtos. De acordo com um dos sócios da empresa, Agnaldo de Souza Gonçalves, a unidade pretende produzir células solares flexíveis de óxido de titânio. Uma das aplicações possíveis para esse tipo de dispositivo, conforme a professora Ana Flávia, coordenadora dos estudos, é em roupas de uso militar. Acoplado à vestimenta, um módulo, que é o conjunto de células conectadas em série, geraria eletricidade para alimentar aparelhos de comunicação, como rádios e telefones celulares. O preço da tecnologia é ainda o maior entrave.

Mas se a energia solar é tão abundante e oferece tantas possibilidades, por que razão ela não tem sido devidamente explorada, principalmente no Brasil? De acordo com a professora Ana Flávia Nogueira, coordenadora do Laboratório de Nanotecnologia e Energia Solar (LNES), vinculado ao Instituto de Química (IQ) da Unicamp, o principal entrave ainda é o preço da tecnologia e, conseqüentemente, da eletricidade gerada por ela. De acordo com a docente, o custo de instalação de um sistema completo (ver esquema) em uma residência no país sairia por volta de US\$ 30 mil, o equivalente a R\$ 75 mil, de acordo com a cotação do dólar no início da segunda semana de dezembro. “Isso ocorre por causa de vários fatores, mas fundamentalmente porque o Brasil ainda investe pouco em pesquisa e desenvolvimento na área de energia solar, além de importar os wafers de silício ultrapuros e caríssimos. À medida que dominarmos a tecnologia e baratearmos os custos de produção, a energia fotovoltaica certamente se tornará competitiva”, prevê.

## **7.7 Metas de desenvolvimento da tecnologia TiO<sub>2</sub>**

Atualmente, assinala a professora Ana Flávia, a energia solar é a fonte que mais se expande no mundo. A capacidade instalada para a geração de eletricidade a partir de células solares fotovoltaicas em termos globais é da ordem de 3,2 mil megawatts.

“Ainda há espaço para crescer muito mais. Dentro desse contexto, o Brasil surge como um país com enormes potencialidades. Aqui, nós temos uma grande extensão territorial e um alto índice de radiação solar.

Também contamos com recursos humanos qualificados e com uma das maiores reservas de quartzo do planeta, matéria-prima usada na fabricação dos painéis de silício.

Uma nação que apresenta todos esses atributos não pode perder mais uma vez o bonde da história”, analisa a professora Ana Flávia, cujos estudos contaram com financiamento da Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Rede de Nanotecnologia Molecular e de Interfaces (Renami).

## 8 Panorama mundial da energia Fotovoltaica

### 8.1 Índia deve tornar-se gigante da energia solar



Figura 7 – Representação Painel Solar gigante (Fonte: internet)

A Índia deve investir 19 bilhões de dólares nos próximos 30 anos para aumentar a sua produção de energia solar. Relatório, entregue no dia 03/08/2009 ao primeiro Ministro Manmohan Singh, e ao qual o Le Monde teve acesso, fixa os objetivos da produção de 20 gigawatts (GW) em 2020 e 200.GW) em 2050 contra os 51 MW em 2009.O plano foi publicado em setembro, algumas semanas antes da Conferência Internacional de Copenhague sobre as mudanças climáticas, que será realizada em dezembro. A Índia, quarto maior produtor mundial de energia eólica, fornece apenas 0,1% da energia solar do mundo. Dispondo de condições de insolação avantajadas, produz quase 50 vezes menos energia solar que a Alemanha, o líder mundial.

Nova Déli encoraja ainda timidamente a promoção de energia solar. O ministério indiano das energias renováveis se contenta atualmente em apoiar financeiramente a construção de centrais solares de capacidade mínima de 50 MW. O relatório entregue ao Primeiro-ministro preconiza, ao contrário, uma política de subvenção das tarifas de compra da energia solar, até se aproximarem das do petróleo ou do carvão. Prevê que entre 2009 e 2020 o preço do quilowatt/hora da energia solar passará de dezesseis para três rúpias (de 0,23 para 0,04 euros).

A compra de equipamentos solares estará isenta de taxas, e as centrais solares não pagarão impostos durante dez anos. As medidas previstas são apenas incitativas: os grandes complexos imobiliários terão a obrigação de se equipar com painéis solares. Se as residências privadas escolherem essa alternativa, o Estado garantirá a compra de seu excedente de energia. Em caso de panes de corrente, frequentes na Índia, os painéis solares poderão



alimentar os geradores e economizar mais de dois bilhões de litros de diesel e de querosene por ano. Um milhão de tetos e 20 milhões de residências poderão ser equipados até 2020. A energia solar permitirá fornecer a eletricidade a um custo menor para as populações isoladas. Mais da metade dos indianos ainda provê a iluminação com velas ou geradores. E é mais caro conectar uma cidade isolada à rede elétrica do que instalar uma unidade de produção de energia solar. O governo prometeu eletrificar todo o país até 2012.

A Missão Solar Nacional será a autoridade central encarregada de implementar esta nova política. Ela será alimentada, num primeiro momento, pelo orçamento do Estado, antes de ser financiada diretamente por uma taxa sobre a venda de energias fósseis, como o carvão ou o petróleo. O governo central conta também com os Estados regionais para subvencionar em 30% as tarifas de energia solar. Eles deverão, sob pena de multa, garantir um patamar mínimo de seu consumo energético com energia solar. O que ultrapassar essa cota poderá ser revendido aos Estados vizinhos sob a forma de certificados.

Com uma previsão de suas necessidades em eletricidade da ordem de 240.000 MW em 2020, a Índia deverá cobrir 8,3% do total de seu consumo graças à energia solar. O país, que é atualmente o quarto maior poluidor do planeta e extrai 60% de sua energia do carvão, reduzirá assim sua produção anual de dióxido de carbono em 42 milhões de toneladas até 2020. Em 2007, o país produzia 430 milhões de toneladas.

Com o advento da energia solar, a tecnologia tornar-se-á o nervo da guerra. Para atingir as suas metas, a Índia deverá formar em torno de 100.000 engenheiros e técnicos. O país, já dependente das importações de petróleo, não quer se encontrar numa nova dependência, desta vez em relação às patentes estrangeiras. Ao criar parques tecnológicos e incentivar a pesquisa, a Missão Solar Nacional quer encorajar o surgimento de campeões nacionais, como já existem no setor eólico, como a Suzlon, que é a quinta maior construtora mundial de usinas eólicas.

Doze empresas, uma das quais é uma filial da Tata Motors, deverão investir 11,4 bilhões de euros nos próximos dez anos, conforme cálculos do escritório de estudos RNCOS, de Nova Déli – Índia.

“O cumprimento deste plano vai depender muito de seu financiamento. O acesso às tecnologias solares competitivas corre o risco de ser caro. Nós temos necessidade da assistência financeira dos países ricos”, explica Sunita Narain, membro do Conselho Indiano de Mudanças Climáticas.

Na Cúpula de Copenhague, a Índia lutará por acordos de transferência de tecnologia entre países do Norte e do Sul, a fim de conseguir sua reconversão nas energias próprias. Em troca, Nova Déli quer evitar a todo custo um compromisso fixado em números

## 8.2 Energia solar concentrada

A primeira impressão, quando se pensa em Energia Solar, é a de se ver Painéis nos telhados dos prédios, para a produção de “Energia Elétrica” ou mesmo a “Água Quente”. Mas como “Concentrar os Raios Solares incidentes?”

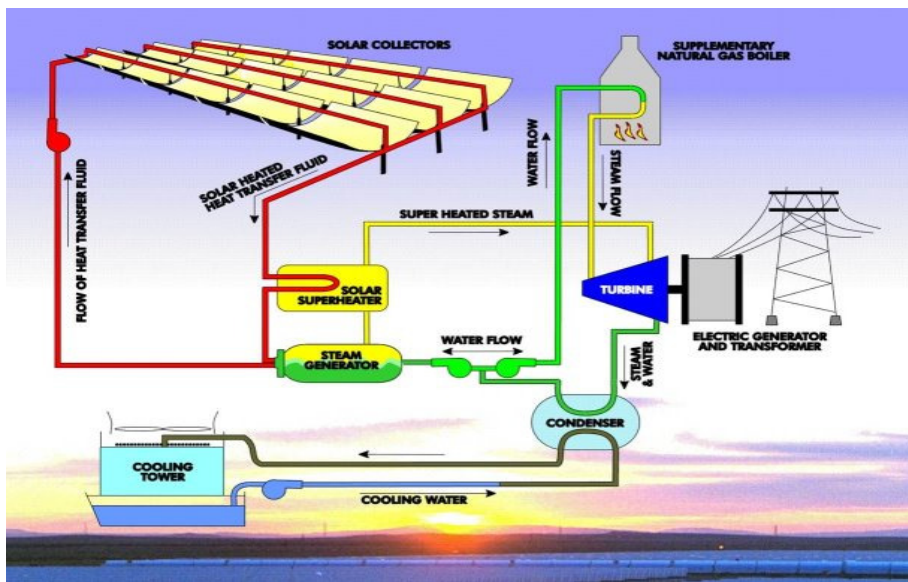


Figura 8 – Sistema concentrador de Energia Termossolar ( Fonte: internet )

Quando pensamos em energia solar, normalmente visualizamos painéis fotovoltaicos em telhados, fornecendo energia sob a luz do sol. Mas para muitos, significa energia solar produzida em espelhos ao longo de milhares de hectares no deserto. Utilizando energia solar concentrada (CSP) as unidades de produção usam as superfícies refletoras gerando vapor que, por sua vez, produz eletricidade por turbinas.



Figura 9 – Usina Termossolar no Deserto do Mojave, Califórnia (Fonte: internet)

Muitas regiões, em todo o sudoeste dos EUA, aproveitam áreas desérticas e com grande exposição solar para produzir energia elétrica, utilizando a tecnologia solar concentrada. A energia solar produzida com energia solar concentrada possui um custo estimado, em 2008, de US\$ 0,15 por kilowatt-hora, custo comparável ao carvão e à energia nuclear. Ao armazenar calor solar nos reservatórios, cheios com sal fundido, as usinas termossolares produzem eletricidade por até 6 horas, mesmo quando o sol não está brilhando.

Cerca de 300 mil residências, do sudoeste dos EUA, já são abastecidas a partir de unidades concentradoras de energia solar e o número continua a crescer. O Laboratório Nacional de Energia Renovável ([NREL](#)) estima que até o final de 2010 serão incorporados mais 4500 megawatts, o suficiente para abastecer mais de 3,5 milhões.



Figura 10 - Concentrador parabólico solar (Fonte: internet)

Milhões de residências, em razão da construção de novas usinas na Califórnia, Flórida, Havaí e Arizona. Estados Unidos. Os diversos tipos de usinas, das calhas parabólicas; calhas feitas de espelhos às torres de energia funcionam de modo semelhante, no qual um óleo

sintético é aquecido e um sistema de troca de calor, que transfere o calor do óleo para tanques de água, acionam uma turbina a vapor que produz a energia como uma termelétrica.

Espanha, Portugal e Austrália, onde fontes renováveis de energia recebem créditos fiscais de longo prazo, já estão com vários projetos utilizando esta mesma tecnologia.

O Brasil tem muita área propícia para tais projetos, devendo intensificá-los nos próximos anos com novas formas de energia como as emergentes de grande eficiência e custo reduzido. Não só o governo federal e governos estaduais, mas toda a população deverá estar conscientizada, sendo alcançada pelas ONGs como a SOSOL (na USP – IPEN), TEZCA (na UNICAMP) e outras.

Sistemas Coletores, como esse antigo da Heliodinâmica, ainda estão em uso, mas as novas tecnologias estão se firmando para baratear custos com uma eficácia maior, como os dotados de concentradores de feixe, que agregam mais potência luminosa, incidente tanto nas fotovoltaicas como nos painéis térmicos.

No Brasil, em especial nas camadas pobres, verifica-se a falta de infraestrutura governamental para Iluminação Pública, Água tratada, Rede de Esgotos, sem mencionarmos o asfalto.



Figura 11 – Painel Fotovoltaico da Heliodinâmica (Fonte: Labor do Aluno)

Adquirimos duas unidades de Células Solares (Silício amorfo) na compra de Calculadoras Truly, descobrindo que outras marcas não fornecem tensão., somente com pilha, evidenciando-se uma clara falha na fabricação de tais equipamentos, para engano do consumidor, que observa somente o “local da fotocélula”, só com o anteparo vermelho.

Observa-se que a Célula Solar, fabricada com Silício Amorfo, tem um rendimento maior, se comparada às áreas de captação da insolação, com as Junções PN dos Transistores de Silício cristal, como se pode observar na Figura 12. A experiência praticada em Laboratório com transistores de potência utilizados como saída de áudio, após a retirada da cobertura metálica de vários exemplares, permitindo assim que os raios solares pudessem atingir a área da junção, propiciou a produção de uma diferença de potencial (ddp), todavia com uma corrente extremamente pequena, como a informação pessoal do Professor Newton C. Braga, diretor técnico da Revista Saber Eletrônica, respondendo ao questionamento pessoal, sobre o assunto, mas tendo orientado o aluno, no sentido da utilização de Células Solares utilizadas em calculadoras portáteis, que também aparecem na Figura 12, como dois pequenos retângulos em série interligando-se.



Figura 12 - Experiência serial com transistor e células solares (Fonte: Aluno)

Ao associarmos 10 transistores de potência, tipo NPN, de Silício, serialmente emissor com base, emissor – base, mas com as blindagens superiores abertas pela Morsa, possibilitando a incidência dos raios solares, exatamente nas referidas junções PN, passamos à leitura da Tensão extrema, tendo o Voltímetro acusado a tensão- DC de 10,41 Volts mas ainda associados a duas Células de máquinas calculadoras. Calculamos também a Resistência Interna do Gerador fotovoltaico, em torno de  $750 \Omega$ , através de uma carga potenciométrica. Abaixo, os Painéis de Energia Solar Fotovoltaica, da alta tecnologia MILLENIUM ELECTRIC no Deserto do Neguev, ao Sul de ISRAEL, sempre apresentando novidades. Certas localidades, vilarejos por onde passam Rodovias muito utilizadas, existem Tapetes formados com a tecnologia Piezelétrica, que produz, sob variação de Pressão dos pneus dos veículos, tensões que são adequadas ao Sistema de Iluminação das Ruas, Praças e Residências dos Conjuntos Habitacionais Israelenses. Enfim, muitas são as opções para que o país tenha ampliadas as suas possibilidades de serviços afins.



## Millennium new power station in Italy

Figura 13 - Na Itália, os painéis da Millennium Solar (Fonte: Millennium Electric)

O Marketing da Millennium Solar Electric, com sede no deserto do Neguev:

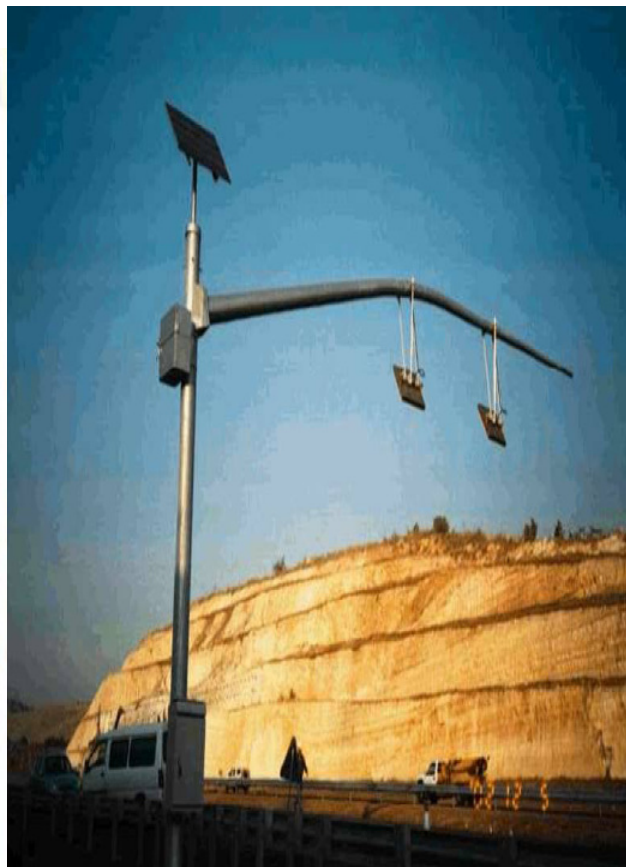
Aumente seu retorno de investimento em Sistema Solar. Nós oferecemos soluções solares inovadoras a custos eficazes: Integrando fotovoltaicos com elementos termossolares, desenvolvendo sistemas de energia renovável compreensiva, controlando eletricidade, ecossistemas humanos, armazenamento de energia, aplicações autônomas ou dependentes.

Elementos fotovoltaicos são nosso negócio: Nós manipulamos, integramos e levamos aos limites. Nós atingimos lugares que ninguém nunca ousou.

Nós alcançamos utilização e eficiência que ninguém nunca atingiu. Ninguém chega perto em alcançar o mais alto retorno de investimento que nós oferecemos.

Inovação é onde começamos, abordagem prática e design cuidadoso são o coração da nossa existência e relações de longo prazo são o nosso objetivo.

Millennium Electric é um fabricante, líder mundial em tecnologias solares PV e PVT. A companhia já instalou 17MW mundo afora e tem a capacidade de fabricar 200 megawatts em painéis PV mono/poli-cristalino de alta eficiência.



Figuras 14 e 15 - Painel Solar básico e Sinalizador de Rodovia (Fonte: Millennium Electric -IL )



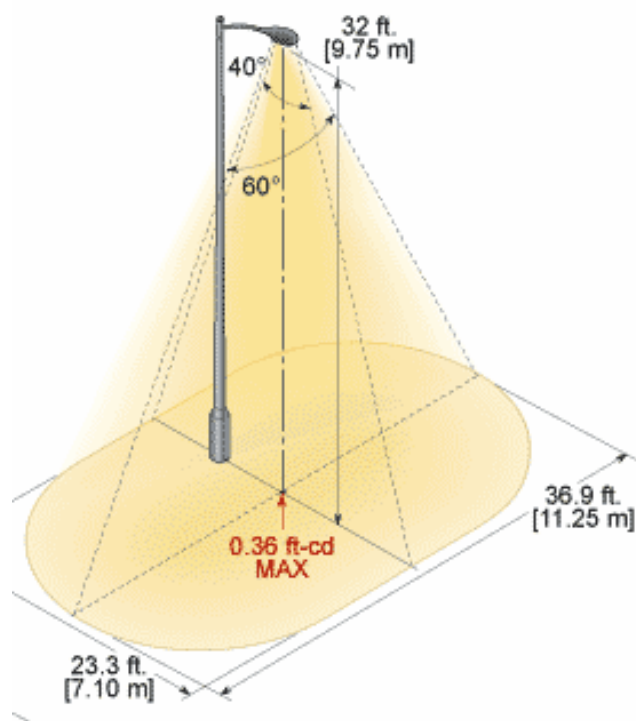
Figura 16 – Iluminação pública, sem fiação (Fonte: Millennium Solar)





Figura 17 – Telecomunicações com Pannel (Fonte: Millennium Solar)

Tais Sistemas Fotovoltaicos apresentados têm aplicações bem variadas, com o objetivo de garantir a “Continuidade de Serviços”, sem os nossos “Apagões” e com a Economia em primeiro plano, pois Israel não possui “Recursos Hídricos” como aqui.



Figuras 18 e 19 – Iluminação pública e dimensionamento (Fonte Millennium Solar)

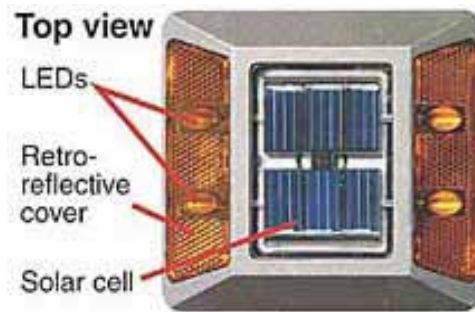


Figura 20 – Quebra - Molas Luminoso (Fonte: Millennium Solar)

### 8.3 Novidades em Tecnologia Fotovoltaica (O Grafeno entra em cena)

A vida, tal como a conhecemos, inclusive a nossa, é totalmente baseada no carbono. Com o advento da era eletrônica, deparamo-nos com uma nova tecnologia que ganha cada vez mais em "inteligência", mas que é baseada em outro elemento, o velho silício. Podemos afirmar que o silício está para os chips assim como o carbono ( de n.º atômico 6 ), está para o homem, também de número atômico "6", pois este foi criado no sexto dia ( numa Sexta-feira ) da primeira semana, há 5770 anos atrás.

Por analogia, sempre que os cientistas utilizam carbono em seus experimentos, os dispositivos resultantes são chamados de "orgânicos". Os LEDs e as células solares orgânicas, certamente os componentes mais promissores desse tipo já construídos, nada mais são do que LEDs e células solares que têm carbono em sua estrutura, desempenhando um papel bem ativo e promissor.

Agora, a fabricação do transistor de grafeno - que é carbono puro - pode apontar no sentido da reunião desse dois "reinos": vida e inteligência artificial, tudo feito igualmente de carbono. Uma lâmina de Grafeno, pode ter a espessura de um átomo de carbono, mas a sua resistência é superior, 200 vezes à resistência do aço. A velocidade de circulação de corrente elétrica nos componentes de grafeno, é muito maior que a atual corrente no silício.

O futuro, sem sombra de dúvidas, é muito promissor para o Grafeno, favorecendo a miniaturização de transistores, diodos, junções fotovoltaicas, chips e até para os sonhados "nanocomputadores" que serão implantáveis em seres vivos, para solução de cardiopatias, neuropatias, neuroestimuladores e outros processos, incluindo os de controle humano.

## 9. Energia solar para aquecimento de água

### 9.1 Introdução

A conversão da energia solar em energia térmica, diretamente para a água, é um fenômeno espontâneo, muito conhecido desde a antiguidade, como se pode ver na cidade de Laodicéia, lendo-se o Apocalipse 3:14) *“Ao anjo da igreja em Laodicéia escreve..15) Conheço as tuas obras, que nem és frio nem quente. Quem dera fosses frio ou quente! 16) Assim, porque és morno, e nem és quente nem frio, estou a ponto de vomitar-te da minha boca; 17) pois dizes: Estou rico e abastado, e não preciso de cousa alguma, e nem sabes que tu és infeliz, sim, miserável, pobre, cego e nu.”* Interessante comparar os atributos geográficos e socioeconômicos da cidade, com a sentença divina, proferida sobre ela, no último verso, como tudo se encaixa, assim: “Laodicéia”, do grego “Laodikeia”, fundada em 253 a.C. pelo rei sírio Antíoco II, casado com Laodice. Daquela igreja cristã, criada por Paulo, hoje, só restam os vestígios: um teatro em ruínas e uma placa que lembra a riqueza, muito ouro e o luxo que ali imperava. Laodicéia era a mais progressista e rica das 7 igrejas mencionadas nas Velhas Escrituras. O padrão de vida dela era extremamente elevado, pois eram três as fontes prósperas: - Sistema financeiro (bancos), com Ouro como moeda corrente; - Fabricação de Produtos Têxteis (cujas vestes eram exportadas); - Produção de Medicamentos, com especial ênfase num Famoso Colírio, e onde era venerado o Esculápio, o deus da medicina. Tal cidade, no entanto, tinha o seu super calo, ou deficiência que assolava aquele povo: A ÁGUA !!!

Laodicéia não tinha nenhuma Fonte de Água própria. Tinha sim, um Sistema canalizado de “Água Quente” das Fontes de Hierápolis, distante cerca de dez km de Laodicéia. Outra “Fonte de Água Fresca e Cristalina”, vinha das imediações de Colossos, também canalizada até Laodicéia. Então, quais as *Temperaturas* de ambos os mananciais, agora dentro da cidade de Laodicéia?? Fica claro que o povo detestava beber ÁGUA MORNA, nem fria, nem quente! Esta história real serve de exemplo para que se possa concluir que, mesmo havendo riquezas em ouro, sem a tecnologia que se dispõe na atualidade o povo acaba “bebendo água morna”, pois não se conhecia o Sistema de Refrigeração e Ar Condicionado em baixa tensão contínua, ou mesmo alternada, como se pode operar hoje em qualquer localidade interiorana, mesmo sem rede elétrica local. Outrossim, os detalhes são muito importantes, como poderia ser diferente para Galileu Galilei que apoiara Nicolau Copérnico na Teoria Heliocêntrica, contra a Teoria Geocêntrica ainda em voga para a Igreja que dominava sobre a ciência. O cardeal S. Roberto Francisco Belarmino presidiu o tribunal que proibiu a teoria copernicana. Culto e moderado, ele conseguiu poupar Galileu. Estimulado pelo novo papa Urbano VIII, seu grande admirador, o cientista voltou à carga. Mas o Papa sentiu-se ridicularizado num livro de Galileu. E isso

motivou a sua condenação. Enfim, se A Igreja lesse as próprias Escrituras, onde Jó foi escrito no 2.º milênio antes de Cristo, num espaço de aproximadamente 3.700 anos, entre o Escrito, e o Crido por Roma: A “Esfericidade da Terra” contra “O Prato Terráqueo”. Afinal, está escrito no Livro de Jó 37:12 *“Então elas, segundo o rumo que ele dá, se espalharam para uma e outra direção, para fazerem tudo o que lhes ordena sobre a redondeza da Terra.”* Temos, na Itália, outro exemplo de “anotações” e de “experimentações posteriores”: A Experiência do Anatomista Luigi Galvani, com uma rã morta, mas que resultou no “movimento” de sua pata inerte, resultando mais tarde, nas mãos de Alexandro Volta, natural de COMO, na Itália de 1745, a descoberta de COMO fabricar “Pilhas Químicas” e, depois, nascendo a Bateria.

## **9.2 Objetivo**

Voltando à “ÁGUA”, observa-se que o objetivo da Tecnologia empregada em “Painéis Solares de Aquecimento”, é exatamente o “Aquecimento de Água” num espaço menor possível, para ser utilizada, preferencialmente na mesma área de produção, e não sendo como aquela água importada de Colossos!

O Objetivo básico de um painel solar para aquecimento de água é fazer circular o líquido, segundo o princípio dinâmico que se compõe de área mais densa e área menos densa, ou seja, o líquido mais frio na parte inferior e o mais quente na parte superior, havendo o deslocamento convectivo, assim como em um balão que, ao ser aquecido internamente, tende a subir pelo seu empuxo, como diria o Dr. Arquimedes : Eureka !!!

## **9.3 Objetivo Futuro – Sonho Tecnológico**

Visando algo inexistente, pode-se “Sonhar com sistema Interno – Apartamento”, já que os apartamentos, abaixo da cobertura, não possuem espaço para agregar um Sistema Solar que comportasse: Painel Solar, Caixa d’Água para Depósito na Entrada, Tubulação de interligações (entrada/saída), Reservatório, Boyler e Saída para Chuveiro.

Todavia, ao se constatar um sonho antigo, hoje possível de ser real para o Painel Solar Fotovoltaico Interno, com captação da radiação solar e seus fótons, através de sistema de Fibra Óptica, esse segundo, com certeza, não será mais novidade no futuro.

## **9.4 Tecnologia Usual - Comercial**

São utilizados Coletores Planos em telhados, de forma que a máxima radiação solar incidente possa ser aproveitada durante todo o período diurno. Não basta um bom coletor, mas que seja capaz de ser produtivo, ou que produza a quantidade de água suficiente para satisfazer as necessidades do usuário. Mas apenas o coletor não é suficiente, devendo haver

um sistema de armazenamento que esteja disponível durante todo o período cíclico, de um dia e uma noite, fornecendo água numa temperatura agradável para o banho, pois é a aplicação de grande importância na casa, apartamento, hotel, e demais usuários. O reservatório deve estar preparado para conter um volume líquido suficiente para a demanda, preservando, no máximo de tempo, a temperatura ideal para uso direto ou misturado com água fria para resultar em temperatura ideal. Para o banho, essa temperatura deve permanecer no patamar da temperatura corpórea, ou do sangue, variando nas proximidades dos 40°C.

Os Coletores Planos, portanto, são úteis para uma produção em temperaturas inferiores a 100°C, podendo citar as áreas de consumo como: banheiro, cozinha, aplicações industriais, agrícolas, lavagem de vasilhames e embalagens para alimentos, medicamentos, pasteurização, tratamento de aço em usinas, tingimento de tecidos, e em vários outros processos em que a temperatura da água seja eficaz.

Numa residência dos tipos “classe média e baixa”, o maior ofensor financeiro é, sem dúvida, o consumo de Energia Elétrica atribuído ao Chuveiro que, por sua vez, deve aquecer a água, através da Resistência de NiCr, por onde circulam correntes significativas, olhando-se o medidor de consumo, invariavelmente “de costas” para o consumidor, girando alegremente, para a tristeza do público pagante!

Muitas vezes preocupado com a Conta Mensal, o consumidor acaba pesquisando sobre as formas possíveis de se economizar energia elétrica, como exemplo real, olhando para o seu relógio e mensurando o tempo gasto no banheiro, com o chuveiro ligado na posição “inverno”, o usuário (filho do pagante) consumindo 20Ah durante 20 minutos de um só banho diário, acaba gerando uma atitude tecnológica, ao invés de desligar diariamente aquele tal disjuntor, instala um “Timer Microcontrolado” com senha individual, disciplinando e minimizando o consumo mensal da Energia Elétrica.

Rumo à economia popular, passando pelo caminho da Energia Elétrica, com o suor de justos, desembarca-se na USP-IPEN - Sociedade do Sol, sem ser o ponto final!

## **10 ASBC – Aquecedor Solar de Baixo Custo**

### **10.1 Introdução**

### **10.2 Histórico**

A idéia de acelerar o desenvolvimento deste projeto iniciou-se após o convite da Equipe ASBC pelo SEBRAE, em participar da Feira Industrial da ECO 92, onde foi exposto o primeiro protótipo ASBC, sendo então apresentado ao público. Na ocasião, dois grandes desafios ambientais foram discutidos:

- A Redução dos Gases Poluentes;
- O Uso de Tecnologia baseada em Energia Limpa;

De 1992 a 1998, a Equipe ASBC dedicou-se às pesquisas para transformar o protótipo num modelo viável de aplicação nacional. Com a oportunidade de agregar-se ao CIETEC – Centro Incubador de Empresas Tecnológicas da USP / IPEN, em janeiro de 1999, os desenvolvimentos se aceleraram muito, tal que o 1º modelo “definitivo” do ASBC foi apresentado publicamente no final de 2001, em plena época do “apagão”, num período de racionamento de energia elétrica.

A possibilidade de aproveitar ou adaptar as instalações hidráulicas do chuveiro e a utilização de materiais de baixo custo disponíveis no mercado foi fundamental para esse avanço, incluindo-se na relação de materiais: A Caixa d’água, O Chuveiro Elétrico, A Placa de Forro (divisória de PVC), Os Tubos e Conexões de PVC. Assim, com o aproveitamento da instalação anterior, acrescentando-se o material de baixo custo, o retorno do investimento é de 4 a 6 meses. Atualmente existem centenas de ASBC instalados em diversas cidades brasileiras, havendo um grupo crescente de monitores que prestam consultorias para as várias comunidades na montagem de Coletores e na Instalação dos Sistemas completos.

### **10.3 Princípio de funcionamento do ASBC**

O Sistema de Funcionamento é semelhante ao tradicional, respeitados os limites de Temperatura alcançada, pois não utiliza anteparos de vidro que promovem o efeito estufa, impedindo o retorno de boa parte da radiação infravermelha, aquecendo mais.

O início do processo verifica-se com a incidência dos raios solares, agregando luz e radiação infravermelha ao anteparo negro e fosco do(s) coletor(es).

A energia absorvida pelo anteparo gera calor ao corpo, assim como ao líquido interno. Uma vez aquecida a água, sua densidade é diminuída, deslocando-se em convecção para a Caixa, dando início à circulação, chamado de termo-sifão. Para isso a Caixa deve estar em um nível mais elevado que o nível dos coletores.

Esse processo circulatório é contínuo, enquanto existir uma diferença de Temperatura entre os extremos dos coletores (  $\delta T$  ), ou diferença de densidades, ou mesmo a existência de raios solares, findando-se com a equalização das temperaturas.

O Reservatório de Água deverá estar termicamente isolado, lembrando-se da garrafa térmica. Neste Sistema ASBC o Chuveiro não é descartado, pois pode complementar a temperatura, até o patamar dos 42° C. Pode-se ainda agregar um Dimmer (controle eletrônico da potência), até mesmo um Sensor de Temperatura na ponta, isto é, na saída do chuveiro, dando um feedback para o controle constante na temperatura ajustada.

#### **10.4 Projeto ASBC - Aquecedor Solar de Baixo Custo**

Projeto gratuito de um aquecedor solar de água, de 200 a 1.000 litros, destinado a substituir parcialmente a energia elétrica consumida por 36 milhões de famílias brasileiras que usam chuveiro elétrico em casas e apartamentos.

Qual a Economia de Energia Elétrica, individual e coletiva?

Tal projeto está sendo desenvolvido desde janeiro de 1999, pela ONG Sociedade do Sol, sigla SoSol, sediada no CIETEC - Centro Incubador de Empresas Tecnológicas, no Campus da USP / IPEN.



Chalés com ASBC no interior paulista

Figura 21 – Chalés - SP (Fonte: ASBC)

#### **10.5 Reservatório**

Tem a função de armazenar, no decorrer do dia, a água aquecida pelo Coletor Solar. Em seu interior ficam dois componentes típicos do ASBC:

- Torneira de Bóia associada a um Tubo Vertical cuja função é a de levar a água fria que está vindo de fora até o fundo do reservatório;

- Pescador, tem a função de conduzir a água mais quente do Reservatório para o Chuveiro (saída de água quente);

O Reservatório deve ter um isolamento térmico exterior, minimizando as perdas de calor, também na sua tampa superior.

## 10.6 Coletor Termossolar

O elemento mais importante, o coração do Sistema ASBC, tem a função de aquecer a água, pois fica exposto ao Sol assimilando o máximo de calor irradiado, transferindo-o à água em seu interior, uma vez menos densa ocorre a sua convecção, ou movimento ascendente para o Reservatório, enquanto que a água mais fria do Reservatório desce para a parte inferior do Coletor Solar.

É a Circulação da água, num Sistema não isotérmico, enquanto houver Sol!

Os Coletores do ASBC são fabricados com placas de forro de PVC.



Figura 22 - Indicação do Forro PVC para Painel de Aquecimento (Fonte: Aluno)

Os coletores do ASBC se diferenciam dos tradicionais por não terem moldura e anteparo de Vidro na parte de cima, cujo objetivo é o de aplicar o “Efeito Estufa”, através do aprisionamento da maior parte da “radiação infravermelha” absorvida do Sol.

Assim, o ASBC não obterá uma temperatura tão alta, quanto no tradicional, até mesmo pelas limitações termais que o material (forro PVC) estabelece.



## 10.7 Dimensionamento de ASBC (Custo & Benefício)

-Vazão do Chuveiro Elétrico : 3 litros de água por minuto =>  $V_z = 3L/min.$

- Potência do Chuveiro ( Inverno ) : 5 kW

- Consumo diário numa casa : Pai = 10 min.; Mãe = 15 min.; 02 Filhos = 25 min.,

- Exemplo hipotético: Total / Dia = 50 minutos x 3L / min. = 150 litros ao Dia

- Consumo Diário de Energia Elétrica =  $5000W \times 50/60 = 4.167 \text{ Watts} = 4,2 \text{ kW} / D.$

ECONOMIA ANUAL: Sem o Chuveiro,  $4,2kW/D \times 365 D = 1533 \text{ kWh}$  por ano,

ou cerca de  $1.500 \text{ kW} \times \text{Preço de } 01 \text{ kWh} = R\$ 750,00$  por ano. Tal investimento será pago em cerca de três meses, aproximadamente.

Naturalmente há espaço para a otimização do Sistema, agregando-se ainda um Dimmer para Controle Automático de Temperatura, um Misturador, um sistema de Retorno de Água pré-aquecida, com serpentina instalada no piso, onde a água utilizada cai, aquecendo a água admitida no Chuveiro. Medidas que somadas minimizam ainda mais as despesas com a Energia Elétrica, poupando-a para o país, enquanto se poupa individualmente. Neste sistema abaixo foram utilizados dois painéis em paralelo para o volume requerido pela caixa de água, também em função do número de usuários no local.



Figura 23 – Sistema Aquecimento ASBC- Prof. Augustin Woelz na USP (Fonte: Dr. Augustin).

## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação ao Sistema de Conversão da Energia Solar em Energia Elétrica, através da assimilação dos Fótons existentes nos Raios Solares captados pelos “Painéis Fotovoltaicos”, pode-se concluir que haverá bastante flexibilidade para as Tecnologias atuais e Emergentes, cujo papel reside no barateamento do produto, em função das condições socioeconômicas deste país, assim como outros que ainda estão em desenvolvimento.

O outro ponto relevante é a eficiência da captação, uma vez que a potência de radiação é conhecida, restando um aproveitamento maior por área para que a potência elétrica de conversão seja a maior possível.

Cada dia que passa, novidades surgem, como a última vista no Site Inovação Tecnológica, a denominada “Ilha Solar”, sendo cada ilha com 5 km de diâmetro e altura de 20 metros, construída com “membrana plástica inflável”, dentro de uma filosofia “termossolar”, em que o Sol promove a formação de Vapor, que por sua vez vai acionar turbinas diversas e geradores acoplados, produzindo Energia Elétrica. A Megausina Solar está sendo montada no Deserto do Saara, onde se busca otimizar tal sistema através de Rotações das Ilhas Solares para o rastreamento automático do Sol.

Os Sistemas israelenses de captação que utilizam lentes e/ou sistemas parabólicos podem incrementar a potência elétrica obtida, mas nada redundará em lucro se as Baterias de armazenamento ainda se conservarem numa tecnologia atrasada.

Acerca deste detalhe, pode-se observar a Autonomia e Capacidade de carga para os “Veículos Elétricos” que ainda devem parar nos postos de duas em duas horas de viagem para troca de Bateria, quando o ideal é obter-se maior autonomia. Como exemplo, a cada 400 km de viagem uma parada rápida, não para “Trocar Bateria”, mas sim “O LÍQUIDO” Eletrolítico da Bateria, ganhando-se no Tempo Total da Viagem, como se quantiza hoje, com Gasolina, Álcool e Diesel.

Na área Termossolar, para “Aquecimento de Água”, verifica-se uma opção atual para atender a população de baixa renda, produzindo os seus próprios painéis solares, como verificado junto a Tecnologia ASBC – Aquecedor Solar de Baixo Custo, desenvolvido na ONG SOSOL, Sociedade do Sol, na USP - IPEN.

Nosso Treinamento Teórico e Prático ocorreu no dia 19 de Novembro de 2009, na USP IPEN, onde funciona a ONG “Sociedade do Sol”, dirigida pelo Professor Augustin.

Onze participantes terminaram, às 22 horas, plenamente satisfeitos com as novas possibilidades que abrem caminho ao Desenvolvimento da Manufatura dos sistemas apresentados, utilizando materiais de baixo custo, em lojas de Construção.

Os dois sistemas descritos, objetivam, outrossim, a Redução de Custos com a “Energia Elétrica Consumida” em todo o país, e fora deste, atendendo ao conforto e ao bem-estar dos seus usuários.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, C. A. Energia Solar – UFLA / FAEPE – Lavras – 2004.

SCIENTIFIC AMERICAN – Revista Mensal, especializada em Fontes de Energia.

Material Tecnológico de TiO<sub>2</sub> – LNES / IQ – UNICAMP – Dra. Ana Flávia Nogueira.

Experimentos - TiO<sub>2</sub> na CIATEC – Campinas – SP Dr. Agnaldo de Souza Gonçalves.

Inovação Tecnológica.com.br ; Semanal – 2009.

ASBC– SOCIEDADE DO SOL– CIETEC- USP/ IPEN - Butantã – SP ( Curso: 19.10.09 ).

NREL. Acesso em 08-12-2009. Disponível em <http://www.nrel.gov>

SIEMENS. Acesso em 08-12-2009. Disponível em <http://www.siemenssolar.com>

PLANETA UNIVERSITÁRIO. Acesso em 08-12-2009. Disponível em <http://www.planetauniversitário.com>

MILLENNIUM ELECTRIC T.O.U. Ltd. Acesso em 08-12-2009. Disponível em <http://www.millenniumsolar.com>

ENERGIA SOLAR. Acesso em 08-12-2009. Disponível em [http://pt.wikipedia.org/wiki/energia\\_solar](http://pt.wikipedia.org/wiki/energia_solar).

## ANEXO IV DECLARAÇÃO

Eu, José Tomas Niedhardt, estudante de pós-graduação *Lato Sensu* da UFLA, com número de matrícula n.º 108072 no curso de Formas Alternativas de Energia - FAE, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que, **sob as penalidades previstas no art. 299 do Código Penal Brasileiro**, que é de minha criação o trabalho de conclusão de curso - TCC que ora apresento, conforme exigência expressa no parágrafo único do art. 11 da Resolução nº 1, de 3 de abril de 2001, da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação.

**Art. 299 do Código Penal Brasileiro, que dispõe sobre o crime de Falsidade Ideológica:**

"Omitir, em documento público ou particular, declaração que dele devia constar, ou nele inserir ou fazer inserir declaração falsa ou diversa da que devia estar escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar verdade sobre fato juridicamente relevante:

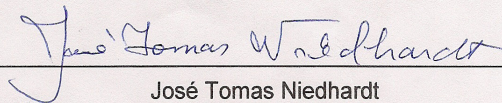
Pena - reclusão, de 1 (um) a 5 (cinco) anos, e multa, se o documento é público, e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, e multa, se o documento é particular.

Parágrafo único. "Se o agente é funcionário público, e comete o crime prevalecendo-se do cargo, ou se a falsificação ou alteração é de assentamento de registro civil, aumenta-se a pena de sexta parte".

Este crime engloba plágio e compra fraudulenta de documentos científicos.

Por ser verdade, e por ter ciência do referido artigo, firmo a presente declaração.

Vitória da Conquista, 22 de Janeiro de 2010



José Tomas Niedhardt

TABELAMENTO DO TERCEIRO OFÍCIO DE NOTAS
Reconhecido por SEMELHANÇA a(s) firmas de:
JOSÉ TOMAS NIEDHARDT
Registrado no TABELAMENTO DO TERCEIRO OFÍCIO DE NOTAS DE VITÓRIA DA CONQUISTA
VITÓRIA DA CONQUISTA, 22 de Janeiro de 2010
MARIA EMY VAREGAS D CORREIA LEITE
OFICIAL/TITULAR
Sob o número de identificação [XXXXXXXXXX] - R\$ 1,25

**ANEXO V**  
**REVISÃO DO TEXTO**

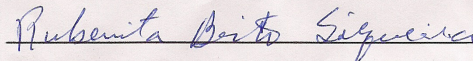
**DECLARAÇÃO**

Eu, Rubenita Brito Siqueira, professora de Português no Seminário Teológico Bíblico Thompson, em Vitória da Conquista, portadora do Registro n.º 2068 do Estado da Bahia, licenciada em Letras pela UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras, que fiz a revisão de texto da Monografia / Trabalho de Conclusão intitulada "Novas Perspectivas para a Energia Solar no Brasil", de autoria de José Tomas Niedhardt, matrícula FAE 108072.

Por ser verdade, firmo a presente declaração:

Vitória da Conquista – Bahia, 22 de Janeiro de 2010

Professora:



Rubenita Brito Siqueira