

ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UM EDIFÍCIO DA UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE

Rafael Guershom Dazcal¹; Prof. Dr. Antônio Gonçalves de Mello Júnior²

¹ Instituto Presbiteriano Mackenzie, Escola de Engenharia , Coordenação de Engenharia Mecânica.
Rua da Consolação, 930,
CEP-01302-907 – S. Paulo, SP
rdazcal@gmail.com

² Instituto Presbiteriano Mackenzie, Escola de Engenharia , Coordenação de Engenharia Mecânica.
Rua da Consolação, 930,
CEP-01302-907 – S. Paulo, SP
mellojr@mackenzie.com.br

Resumo: *Com o aumento incessante da demanda por energia, a constante ameaça de escassez de combustíveis fósseis, o eminente agravamento do aquecimento global causado pela queima descontrolada dos combustíveis tradicionais não renováveis e a crescente pressão por medidas de controle do consumo, a sociedade exige pesquisas e desenvolvimentos nas áreas de energias limpas e renováveis como energia solar, eólica e outras similares. O Brasil não pode deixar de investir nestas áreas e é de grande importância que estudos feitos nesta direção sejam promovidos e incentivados. Este artigo visa dar uma visão geral do andamento de um ramo desta vasta gama de opções para energias limpas, a energia solar fotovoltaica. Este artigo aborda os temas do recurso solar, energia fotovoltaica, e os aspectos de engenharia envolvidos no mesmo, apresentando um estudo de caso onde a instalação do sistema fotovoltaico é comparada com o atual consumo de energia elétrica e a sua a viabilidade técnica e econômica da implementação deste recurso. Os estudos apresentam análises reais desenvolvidas no âmbito acadêmico de implantação do sistema fotovoltaico em um edifício do Campus da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Os resultados obtidos são desfavoráveis a implantação do sistema estudado, tendo em vista o alto custo e o baixo rendimento ainda apresentado pelos sistemas fotovoltaicos.*

Palavras-chave: *Energia fotovoltaica, Energia solar, Energias renováveis, Energias limpas.*

1. INTRODUÇÃO

Durante os anos de 2001 e 2002, o Brasil passou pela maior crise energética de sua história. Denominada pela imprensa de “Apagão”, esta crise energética foi causada pela falta de planejamento e ausência de investimentos em geração e distribuição de energia, agravados pela escassez de chuvas, uma vez de que a maior parte da energia gerada no Brasil é através de hidrelétricas (WIKIPEDIA, 2007).

As previsões mostram que a economia deverá crescer, em média, acima de 4% nos próximos anos. Isso implica uma alta de 5% ao ano no consumo de eletricidade. O problema é que esta demanda de energia atualmente não pode ser suprida e, apesar de projetos e investimentos vigentes como no caso do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas), o Brasil ainda está sujeito a sofrer um novo apagão em 2010. Para agravar a situação, o país deve superar os problemas ambientais, uma vez que a construção de novas hidrelétricas é relativamente prejudicial ao meio ambiente. Juntamente com o tão atual problema de aquecimento global, o Ministério do Meio Ambiente demanda o desenvolvimento de meios alternativos de produção de energia como placas solares e cataventos eólicos (REVISTA ÉPOCA, abril de 2007).

2. O RECURSO SOLAR

Todo corpo que se encontra a uma temperatura acima do 0 Kelvin (aproximadamente 273°C negativos), perde parte de sua energia interna na forma de radiação térmica. O mecanismo por trás desta emissão está associado à energia liberada como resultado de oscilações ou transições dos elétrons constituintes do objeto. Estas oscilações são, por sua vez, sustentadas pela energia interna e, portanto, temperatura do material (INCROPERA, 1996).

Utilizando-se de argumentos provindos da mecânica quântica, Max Planck demonstrou que é possível equacionar a distribuição espectral da emissão de radiação de um corpo ideal (conhecido como ‘corpo negro’) em função do comprimento de onda. O Sol não é, no entanto, um corpo ideal e, para alcançar a superfície terrestre, a radiação solar deve passar por uma série de camadas de diferentes composições gasosas, contendo gases como o ozônio (O₃), o oxigênio (O₂), a umidade (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), entre outros. Cada um destes gases absorve parte da radiação solar numa faixa de comprimentos de onda específico, peculiar para cada tipo de gás. Desta forma, a radiação que chega, de fato, à superfície terrestre é bastante atenuada em relação à radiação extraterrestre. Os picos de absorção dos gases são representados como picos de atenuação da irradiação solar na superfície terrestre. A emissão ideal do Sol (corpo negro a 5800 K), a emissão real extraterrestre, e a irradiação que alcança a superfície terrestre estão representadas graficamente na figura 1.

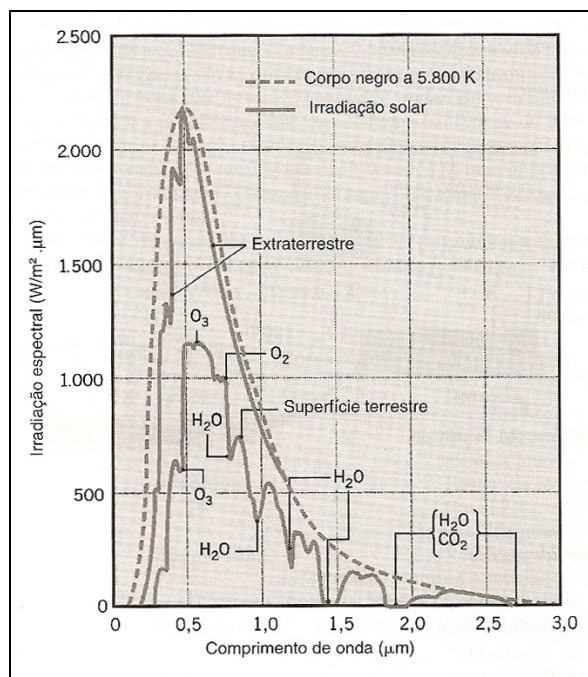


Figura 1 – Distribuição espectral da radiação solar
Fonte: INCROPERA, 1996

3. ENERGIA FOTOVOLTAICA

O efeito fotoelétrico foi observado pela primeira vez por Heinrich Hertz, em 1886. Hertz descobriu acidentalmente que, quando um feixe de luz incidia sobre uma placa metálica que se encontrava próxima a outra de potencial diferente, ocorria uma descarga elétrica entre ambas. Ao diminuir a incidência luminosa sobre a placa, Hertz observou que a descarga diminuía significativamente (FOWLER, 2007). A teoria por trás do efeito fotovoltaico era que a energia provida da luz incidente literalmente arrancava um número de elétrons de suas órbitas expelindo os mesmos do material. A placa que estava próxima, em potencial mais baixo, atraía estes elétrons formando assim uma descarga.

Devido a experimentos realizados nesta área, em 1905, Einstein sugeriu que em algumas circunstâncias, a luz se comportava não como uma onda mas como uma partícula, concedendo-lhe então uma natureza dual onda-partícula. Este trabalho, o qual lhe rendeu um prêmio Nobel, se baseia na idéia de que pode-se pensar na luz como num fluxo de partículas, chamadas de fótons, cada qual funcionando como um pequeno pacote de energia. A energia correspondente a cada um destes fótons é diretamente proporcional à frequência da onda do fóton (RESNICK, 2002).

3.1. Células fotovoltaicas

Para poder aproveitar esta energia incidente, é necessário a presença de um campo elétrico. Para tal, utiliza-se de uma propriedade dos semicondutores chamada de camada de depleção. Este efeito surge ao unirem-se dois cristais semicondutores, um dopado positivamente e outro negativamente. Devido ao reposicionamento de elétrons e lacunas, surge próximo à fronteira dos cristais, uma camada de ânions do lado p e cátions do lado n. Esta distribuição gera um campo elétrico e a este chama-se de camada de depleção.

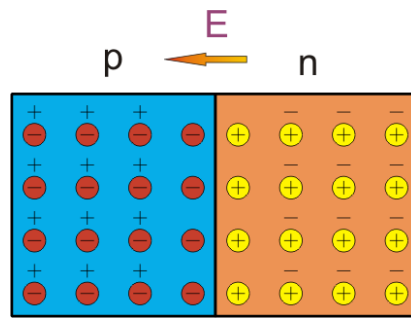


Figura 2 Junção P-N sem polarização – camada de depleção
Fonte: MALVINO, 1997

A junção vista na figura 2 é também chamada de diodo. O diodo, como qualquer material, quando é exposto a um feixe luminoso, gera pares de elétrons-lacunas que rapidamente decaem a seu estado neutro normal. No entanto, quando um fóton excita um elétron à banda de condução próximo da região de depleção, o elétron cai na influência do campo elétrico existente nesta região atravessando a junção do diodo. Caso o diodo não esteja conectado a nada, isto simplesmente geraria um aumento na tensão entre os terminais do diodo. Se for oferecido um percurso para o elétron retornar a seu estado original passando por uma carga, é possível obter uma corrente elétrica capaz de realizar trabalho. Esta configuração pode ser vista na figura 3 (HOWSTUFFWORKS, 2007).

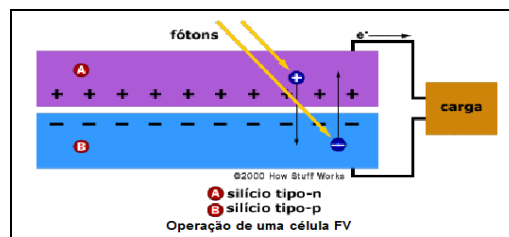


Figura 3 Configuração para o aproveitamento da célula fotovoltaica
Fonte: HOWSTUFFWORKS, 2007

Na Figura 4 pode-se ver a estrutura de uma célula fotovoltaica comum (HOWSTUFFWORKS, 2007).

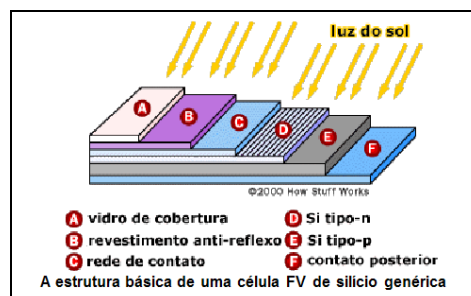


Figura 4 – Estrutura básica de uma célula de silício
Fonte: HOWSTUFFWORKS, 2007

Atualmente, células fotovoltaicas produzidas em escala industrial têm uma eficiência que oscila entre 9 e 12%, tendo-se em mente que para células que respondem a espectros específicos a eficiência teórica máxima é de 25 a 28% (GASQUET, 1997). A baixa eficiência máxima teórica se deve à natureza quântica da luz, que faz com que apenas uma faixa estreita do espectro solar possa ser aproveitado.

O mercado oferece atualmente três tipos de materiais para células fotovoltaicas. O silício mono cristalino (ou simplesmente cristalino), o poli cristalino e o amorfo. O material mono cristalino exige um elaborado processo de manufatura que consome enormes quantidades de energia, que incrementa substancialmente o seu custo como matéria prima. Por outro lado, seu rendimento é superior, estando próximo a 15% e chegando a 18% em experiências em laboratórios o que o torna muito atraente em projetos aonde o custo não é uma variável como em investidas espaciais.

O material poli cristalino é composto, como seu nome sugere, por diversos cristais semicondutores. As junções entre os cristais dificultam a captação de elétrons gerados pela incidência solar diminuindo assim sua eficiência. Por outro lado, seu processo de manufatura é substancialmente menos custoso que no caso do material cristalino tornando-o assim favorito em aplicações onde o custo é um fator de consideração. Ambos os materiais podem facilmente ser distinguidos uma vez que o material cristalino provê uma superfície com um brilho uniforme enquanto que o poli cristalino não o faz. Alguns painéis, ao invés de possuírem células independentes conectadas entre si, possuem uma estrutura semicondutora que é depositada de forma contínua sobre uma base metálica laminar. Este processo permite a fabricação de um painel flexível. A esta estrutura se da o nome de amorfa. No entanto, este tipo de estrutura possui uma eficiência bastante reduzida exigindo uma área de cobertura maior para gerar a mesma quantidade de energia (GASQUET, 1997).

3.2. Painel fotovoltaico

Como foi visto no capítulo anterior, as células fotovoltaicas podem produzir pequenas tensões que se encontram na faixa dos 0,5 Volts. Uma vez que a maioria dos sistemas fotovoltaicos exige uma tensão nominal de 12 Volts, é necessário acoplar as células em série. A estrutura na qual este acoplamento é realizado é chamada de painel fotovoltaico.

O número de células em um painel e, por tanto, sua tensão nominal de saída, depende da estrutura cristalina do semicondutor usado. O fabricante deve decidir o número levando em consideração a situação climática mais desfavorável. Na parte traseira do painel, encontram-se os contatos elétricos. Estes devem estar protegidos para garantir a conectividade (GASQUET, 1997).

Os painéis fotovoltaicos, de forma geral, possuem uma relação entre a corrente de saída e a tensão fornecida muito parecida entre eles. Esta relação é comumente chamada de curva I-V do painel (curva corrente-tensão). Isto quer dizer que os painéis fotovoltaicos possuem curvas I-V muito similares. Um exemplo de curva I-V de um painel pode ser visto na figura 5 (GASQUET, 1997).

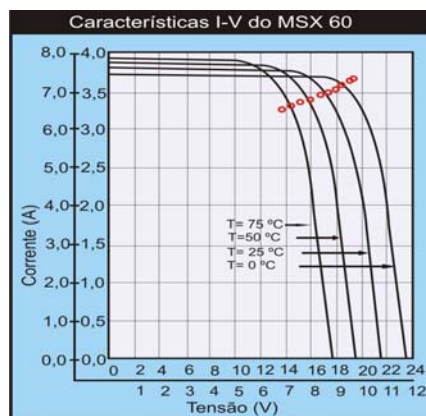


Figura 5 – Curva I-V de um painel fotovoltaico
Fonte: (GASQUET, 1997).

Como pode ser observado, as curvas I-V possuem uma região aonde a corrente permanece praticamente constante com o aumento de tensão. Esta situação permanece até alcançar a região de transição, a partir da qual, pequenos aumentos na tensão provocam grandes quedas na corrente. Outro fator a ser notado nestas curvas é a influência da temperatura nas mesmas.

Na figura 5, também foram denotados os pontos de máxima potência que ocorrem próximo à região de transição. A estes pontos se dá o nome de “valor pico” e são representados com a letra Wp. São determinados sob uma potência luminosa de 1 SOL (1 kW/m²) e um espectro luminoso correspondente a M1,5 (medida da massa de ar) (GASQUET, 1997).

4. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Para poder-se tirar proveito da energia fotovoltaica, é necessário mais do que apenas um painel fotovoltaico. O aproveitamento desta energia exige todo um sistema que, além dos painéis fotovoltaicos, é composto por baterias para o acúmulo de energia, um controle de carga para evitar o sobre carregamento do sistema, indicador de carga e inversores para o fornecimento de corrente alternada. A figura 6 exibe um esquema deste tipo de sistema.

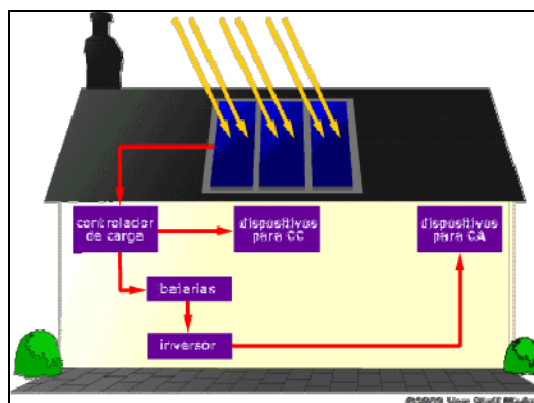


Figura 6 – Esquema de sistema fotovoltaico domiciliar
Fonte: HOWSTUFFWORKS, 2007

4.1. Baterias

Um bloco de baterias é necessário na maior parte dos sistemas que se utilizam de energia fotovoltaica uma vez que a fonte de energia, o Sol, não está sempre disponível.

Os sistemas fotovoltaicos exigem baterias especiais, diferentes das baterias automotivas, mais baratas. Estas últimas são capazes de sustentar elevadas correntes, porém descarregam-se muito rapidamente. Isto as torna excelentes para o uso automotivo, onde estão constantemente sendo recarregadas, mas não possuem utilidade alguma em sistemas fotovoltaicos onde freqüentemente devem sustentar correntes moderadas por períodos de várias horas.

As baterias solares de fatos podem sustentar uma corrente moderada por longos períodos e, diferentemente das baterias automotivas, não se tornam inutilizáveis quando a tensão cai abaixo de um nível crítico. No entanto, esse tipo de bateria possui como desvantagem uma memória, ou seja, para alongar sua vida útil é desejável que seja completamente descarregada antes de iniciar sua recarga novamente (GASQUET, 1997).

A capacidade de uma bateria solar é dada em Amperes-hora. Na indústria, é definida como a corrente fornecida durante um período de tempo para que sua carga caia de 100% a 20% de seu valor total. Normalmente, este tempo é determinado em 20 horas. Assim, uma bateria de 200 Ah, pode fornecer uma corrente de 10 Amperes por 20 horas seguidas.

A carga da bateria pode ser determinada multiplicando-se sua capacidade por sua tensão nominal. A carga é dada em Watt-hora.

4.2. Controlador de carga

Nos períodos de baixa insolação, os painéis fotovoltaicos fornecem uma potência quase nula. Nestes períodos, o controlador de carga exerce um papel passivo isolando o painel do resto do sistema para evitar que descarregue as baterias no mesmo.

Existe também a situação oposta, aonde a insolação é excessiva gerando uma tensão que supera a tensão de carga das baterias. Neste caso o controlador de carga exerce um papel ativo, evitando o sobre carregamento das baterias que pode chegar a causar uma explosão (GASQUET, 1997).

4.3. Inversor

Como foi visto até o momento, os painéis fotovoltaicos são capazes de fornecer corrente apenas na forma de corrente contínua. Em algumas aplicações é possível aproveitar esta corrente mas em muitos casos é necessário converter esta corrente em uma fonte de corrente alternada.

O aparelho responsável pela transformação de corrente contínua para corrente alternada é chamado de inversor.

O inversor é capaz de transformar uma fonte de tensão de 12Vcc em uma fonte de 110 Vca,, 220 Vca com freqüências de 50 ou 60 Hz, ou outras combinações que possam ser interessantes para o sistema. Esta conversão, no entanto, acarreta perdas elétricas da ordem dos 25 ao 9%, ou seja, os inversores possuem eficiências que variam entre 75 e 91%. Isto se deve ao fato de que o consumo do circuito inversor aumenta proporcionalmente com o aumento da potência que está controlando (GASQUET, 1997).

A forma de onda na saída dos inversores eram, inicialmente, quadradas, mas atualmente encontram-se inversores que produzem formas de ondas aproximadamente senoidais.

5. ESTUDO DE CASO

Em 2007, o departamento de manutenção e utilidades do Mackenzie, sob a supervisão do engenheiro Fábio Zalkauskas, estudou a possibilidade de implementar o sistema fotovoltaico nos prédios João Calvino e Amantino Vassão para substituir apenas a energia elétrica demandada pela iluminação destes prédios.

A tarifação da Eletropaulo para o Mackenzie se dá de forma binômia, ou seja, leva em consideração dois critérios: A demanda média mensal, dada em kW, que não deve superar um valor contratado, e o consumo mensal total, dado em kW*h .

Na figura 7, pode-se ver um valor aproximado dos gastos que o Mackenzie deve arcar com a iluminação destes dois edifícios. Nota-se desta ilustração, que o Mackenzie economizaria por volta de R\$20.000,00 mensais se esta energia fosse proveniente de células fotovoltaicas.

			Item de Faturamento	Tarifa atual (válida em 04-julho-2007)	Valor estimado sem impostos
Mês Úmido (Dezembro a Abril)	Carga (kW)	240,00	Demanda ponta úmida	31,6	R\$ 7.584,00
			Demanda fora de ponta úmida	11,39	R\$ 2.733,60
	Consumo estimado (kWh)	12.417,90	Consumo ponta úmida	0,20099	R\$ 2.495,87
		65.178,10	Consumo fora de ponta úmida	0,12579	R\$ 8.198,75
Valor estimado total para mês úmido:					R\$ 21.012,23
Mês Seco (Maio a Novembro)	Carga (kW)	240,00	Demanda ponta úmida	31,6	R\$ 7.584,00
			Demanda fora de ponta úmida	11,39	R\$ 2.733,60
	Consumo estimado (kWh)	10.799,40	Consumo ponta úmida	0,22233	R\$ 2.401,03
		57.606,60	Consumo fora de ponta úmida	0,13824	R\$ 7.963,54
Valor estimado total para mês seco:					R\$ 20.682,17

Figura 7 – Estimativa de custo mensal de iluminação dos prédios João Calvino e Amantino Vassão

Fonte: DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO E UTILIDADES MACKENZIE

O engenheiro Zalkauskas entrou em contato com alguns fornecedores, entre eles a CONERGY, SUNLAB e UNITRON. Esta última, simplesmente se recusou a fazer uma proposta indagando que a implantação de um sistema fotovoltaico nas estruturas em questão era economicamente inviável. A SUNLAB, através da HPM representações, respondeu com uma proposta discriminando todos os valores cobrados por eles num sistema de energia fotovoltaica. Na tabela 1 pode-se ver os valores cotados que foram usados no estudo de viabilidade na implementação do sistema fotovoltaico.

Tabela 1 – Custos unitários dos equipamentos da SUNLAB

Painel Solar	Bateria	Controlador Micr.	Inversor Sun Lab
Cód.: 91012	185 A	Cód: 91112	Senóide Modificada
Mod.: S125	Cód.: 93510	Mod.: CE40	800 W
R\$/Unitário	Mod.: D300	R\$/Unitário	Mod.: ST12-800
	R\$/Unitário		R\$/Unitário
R\$ 2.470,59	R\$ 928,57	R\$ 885,71	R\$ 1.218,57

Fonte: HPM REPRESENTAÇÕES

Para fazer o estudo de caso, foi necessário obter os dados da radiação solar em São Paulo, aonde os prédios estão localizados. Para tal, utilizou-se o programa RADIASOL, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que pode ser adquirido gratuitamente no site <<http://www.solar.ufrgs.br/>>.

Através deste programa, posicionando o painel com um ângulo de inclinação de 25° voltado para o norte (a conselho do fabricante), pôde-se obter o gráfico da figura 8.

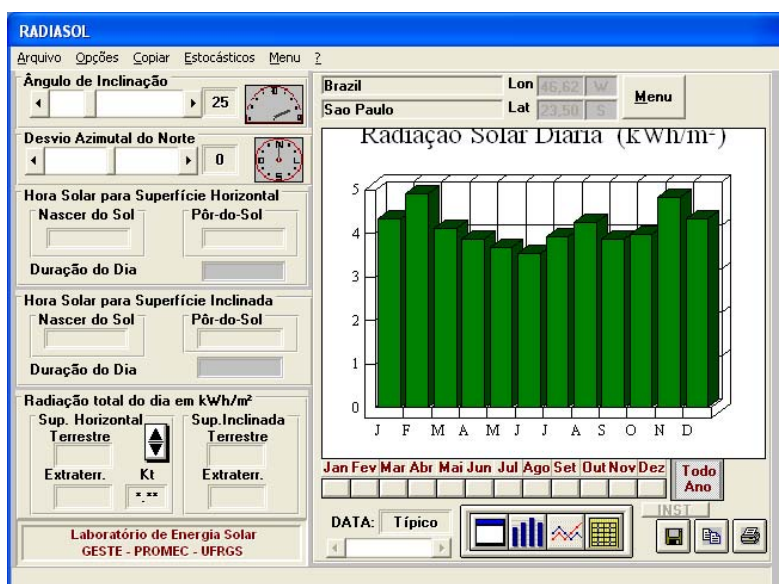


Figura 8 – Propriedades da radiação solar em São Paulo ao longo do ano.

Fonte: UFRGS

Foi constatado que, o pior caso levando-se em consideração o consumo de cada mês e a radiação mensal obtida pelo programa, foi no mês de abril. Utilizando-se novamente do programa, pôde-se obter a radiação solar durante um dia específico de abril. Esta distribuição está representada na figura 9.

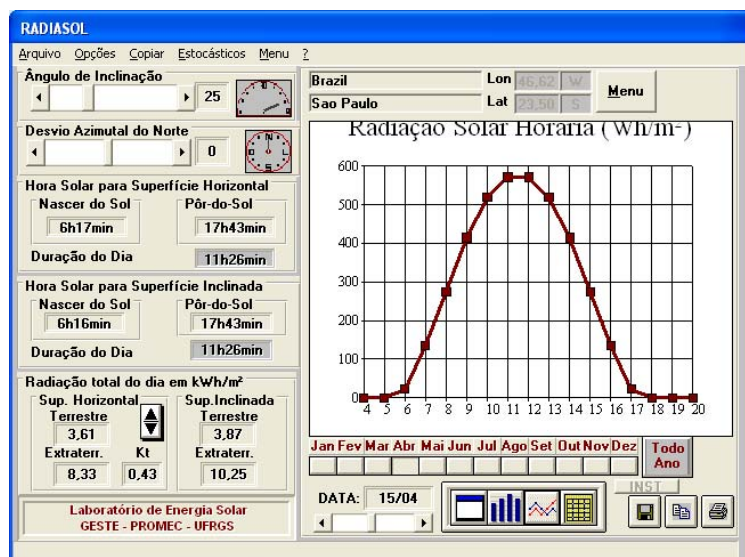


Figura 9 – Propriedades da radiação solar em São Paulo ao longo do dia 15 de abril.

Fonte: UFRGS

Com estes dados, e tendo em mãos também o rendimento do painel solar, calculou-se que seriam necessários 5339 painéis para atender à demanda de energia luminosa dos dois edifícios.

As baterias cotadas possuem capacidade máxima de 185 Ah e tensão de 12V. Para que tenham uma autonomia de 48hs, foi calculado que seriam necessárias 5406 baterias.

O controlador de carga cotado tem potência nominal de 480W, logo calculou-se que seriam necessários 500 controladores de carga. Já o inversor, possui uma potência nominal de 800W, o que significa que seriam necessários 300 inversores.

A figura 10 reúne estes dados para fornecer um valor total em material para a instalação deste sistema fotovoltaico.

Sistema de Iluminação através de Paineis Solares			
Item	Quantidade necessária estimada	Valor Unitário (R\$)	Valor estimado (R\$)
Painel Solar, Mod.: S125, Cód.: 91012	5339	R\$ 2.470,59	R\$ 13.190.480,01
Bateria, Mod.: D300, Cód.: 93510	5406	R\$ 928,57	R\$ 5.019.849,42
Controlador Micr., Mod.: CE40, Cód: 91112	500	R\$ 885,71	R\$ 442.855,00
Inversor Sun Lab, Senóide Modificada, Mod.: ST12-800	300	R\$ 1.218,57	R\$ 365.571,00
Total estimado:			R\$ 19.018.755,43

Figura 10 – Estimativa de custo do sistema fotovoltaico

Fonte: HPM REPRESENTAÇÕES, 2007.

Como pode-se notar na figura 10, o investimento inicial seria de aproximadamente 19 milhões de reais, sem contar mão de obra, manutenção e transporte.

Considerando uma taxa de juros de 1% ao mês, isto significa um rendimento mensal de R\$ 190.000,00, muito acima dos R\$ 20.000,00 reais mensais que seriam economizados com o sistema fotovoltaico.

Isto significa que a implementação do sistema fotovoltaico nos prédios João Calvino e Amantino Vassão é economicamente inviável. Isto se deve ao fato de que as células fotovoltaicas ainda possuem um rendimento muito baixo e são, no presente, muito caras de se produzir.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A energia fotovoltaica tem se mostrado mais eficiente em regiões afastadas e desprovidas de uma infra-estrutura com ampla distribuição de energia. Apesar do alto custo da implementação de um sistema fotovoltaico, existe também um alto custo na implementação de sistemas de transmissão de energia que possam levar energia elétrica a estas regiões, tornando o custo da energia fotovoltaica mais competitivo.

Apesar do enorme benefício que esta forma de energia renovável pode trazer tanto para o ambiente como para os consumidores, é difícil imaginar que se torne uma fonte popular de energia tão rapidamente. No entanto é importante notar que esta tecnologia tem se desenvolvido cada vez mais ao longo destes últimos anos, aumentando sua eficiência e diminuindo assim seu custo, e é possível que no futuro vejamos avanços significativos nesta tecnologia.

Dada a importância do desenvolvimento de novas fontes de energia, e em especial energias renováveis, e tendo em vista o enorme potencial energético encontrado na radiação solar, recomenda-se uma maior atenção nos investimentos tanto de órgãos públicos como de fundos privados nos estudos e desenvolvimentos realizados no campo da energia fotovoltaica. Trata-se de um campo ainda bastante inexplorado, que se vê repleto de possibilidades que com certeza trarão enormes benefícios àqueles que tirarão proveito da energia do Sol assim como àqueles que acreditaram no seu potencial.

Agradecimentos

Agradeço aos professores da Escola de Engenharia Mackenzie que transmitiram seus conhecimentos e experiências, os quais se mostraram indispensáveis para o desenvolvimento do projeto que gerou este artigo. Agradeço especialmente ao meu orientador, professor Doutor Antônio Gonçalves de Mello Júnior, que desde o início me atendeu com entusiasmo e grande apoio, e que durante todo o desenvolvimento do projeto me motivou e me manteve direcionado e focado. Devo agradecer também ao professor Mestre Fábio Raia que, apesar de não ter nenhum envolvimento direto com o meu projeto sempre se mostrou extremamente prestativo e aberto para me orientar em diversas ocasiões nas quais o abordei e também por me direcionar ao engenheiro responsável pela supervisão de manutenção e utilidades do Mackenzie. Finalmente agradeço imensamente ao Engenheiro Fabio Zalkauskas, supervisor de manutenção e utilidades da Universidade Presbiteriana Mackenzie, responsável pelo estudo de implantação de energia fotovoltaica nos prédios Amantino Vassão e João Calvino. O Engenheiro Fabio Zalkauskas me tratou com enorme respeito e me dedicou horas de seu movimentado dia para me explicar o funcionamento das tarifas da Eletropaulo em relação ao Mackenzie e me forneceu todos os dados que me foram de imensa valia durante o estudo de caso deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FOWLER, Michael. *The Photoelectric Effect*, disponível em < http://galileo.phys.virginia.edu/classes/252/photoelectric_effect.html>, último acesso em 25 de novembro de 2007.
- GASQUET, Héctor L. *Sistemas Fotovoltaicos*. 1997. El Paso, Texas.
- HOWSTUFFWORKS, disponível em < <http://www.howstuffworks.com/solar-cell.htm>>, último acesso em 12 de agosto de 2007.
- INCROPERA, Frank P. *Fundamentos de transferência de calor e de massa*. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Quarta edição, 1996. Rio de Janeiro, RJ.
- MALVINO, Albert Paul. *Eletrônica -Volume 1*. Makron Books, quarta edição, 1997, São Paulo, SP.
- RADIASOL, disponível em <<http://www.solar.ufrgs.br/>>, último acesso em 25 de novembro de 2007.
- RESNICK, Halliday Walker. *Fundamentos de Física*. LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Quarta edição, 2002. Rio de Janeiro, RJ.
- REVISTA ÉPOCA, nº 467, 30 de abril de 2007, página 36, “Lula e o risco do apagão planejado”, editora Globo.

STUDY CASE ON THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLY SYSTEM IN A “MACKENZIE” UNIVERSITY BUILDING

Abstract: *With the growing demand of energy year after year, the constant threat of shortage of fossil fuel, the eminent threat of global warming caused by the uncontrolled burn of traditional, non renewable fuel, and the growing pressure for consuming control, there is an urge for research and development of new, clean and renewable energy such as wind power, solar energy and others alike. Brazil cannot afford not to invest in those areas and it is of great importance that studies on these subject are promoted. The objective of this study it to get an overview of the undergoing of the studies in one branch of this vast area of renewable energy, the so called photovoltaic energy. This study will discuss themes such as the solar energy as a source, the photovoltaic cells and panels, and the engineering aspects of this energy. It will than proceed to the analysis of the economical viability in implementing this resource in a structure already fueled by conventional energy sources.*

Key-words: *Photovoltaic energy. Solar energy. Renewable energies. Clean energy.*