



**XXI SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - XIV

GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO (GET)

VIABILIDADE DA EXECUÇÃO DE PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COM USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS MEDIANTE IMPLANTAÇÃO DE EQUIPAMENTO HÍBRIDO FOTOVOLTAICO E TÉRMICO PARA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE E AQUECIMENTO DE ÁGUA COM ENERGIA SOLAR PARA SUBSTITUIÇÃO DE CHUVEIROS ELÉTRICOS

**GIMENES, A.L.V. (*)
EXER**

**SILVESTRE, W.P.
EXER**

**UDAETA, M.E.M.
GEPEA/IEE USP**

RESUMO

O presente artigo visa demonstrar a viabilidade da adoção de equipamento híbrido, integrado por sistema fotovoltaico com rendimento superior e por sistema térmico solar para aquecimento de água.

Os sistemas fotovoltaicos e térmicos solares apresentam potencial de implementação capaz de fornecer soluções de geração distribuída de energia e a redução de demanda no horário de ponta - mediante a substituição parcial do uso do chuveiro elétrico. Os ganhos de rendimento em painéis fotovoltaicos com o seu resfriamento são obtidos com a integração desse sistema com um de aquecimento de água, obtendo-se um híbrido fotovoltaico/térmico solar.

PALAVRAS-CHAVE

Geração Fotovoltaica, Aquecimento Solar, Sistema Híbrido, Eficiência Energética.

1.0 - INTRODUÇÃO

Diversos autores evidenciam a ocorrência de significativa transformação em nosso mundo, dada pela evolução tecnológica e adoção progressiva das chamadas energias renováveis. Dentre essas energias, o desenvolvimento tecnológico verificado e ainda por alcançar, de grande potencial de impacto positivo em nosso dia-a-dia, é dado pela energia solar.

Os sistemas que viabilizam o uso da energia solar de maior aplicação, até este momento, são os fotovoltaicos, para geração de energia elétrica, e os térmicos, para aquecimento de ar e líquidos. A adoção individualizada desses sistemas, dado o atual estado da arte, impõe limitações tecnológicas e de custo que dificultam a massificação de seus usos.

Os sistemas fotovoltaicos apresentam limitações de desempenho que oneram o custo do kWh gerado relativamente às alternativas de geração usuais (1). Os sistemas térmicos solares, embora mais difundidos, também apresentam limitações tecnológicas e de custos diretos e indiretos que dificultam a sua competitividade com os recursos convencionais, notadamente os quase onipresentes chuveiros elétricos no Brasil.

Os sistemas fotovoltaicos e térmicos solares apresentam potencial de implementação capaz de mitigar problemas crônicos do setor elétrico nacional, como, respectivamente, a geração distribuída de energia e a redução de demanda no horário de ponta do sistema, mediante a substituição parcial do uso do chuveiro elétrico, em especial em unidades residenciais de população de menor renda, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e

(*) R- Conselheiro Crispiniano, 53, Cj.51 – CEP 01037-001 São Paulo, SP, – Brasil
Tel: (+55 11) 3258-3157 – Fax: (+55 11) 3258-3157 – Email: gimenes@gmail.com

condição de adimplência, além de proporcionar diversos outros benefícios, como a postergação de investimentos no sistema elétrico e repercussões socioambientais positivas. Em razão do exposto, considera-se estratégica a necessidade de desenvolvimento de tais tecnologias no mercado brasileiro.

Não obstante os mais variados estímulos para a adoção em larga escala de energias renováveis, notadamente a energia solar, a efetiva implementação de equipamentos que funcionam com essa energia ainda é incipiente no Brasil, se considerado o potencial existente. Tanto os equipamentos térmicos solares para aquecimento de água, quanto os painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica, têm pouca penetração no mercado brasileiro, destacadamente em razão dos custos elevados e rendimentos restritivos à sua adoção massiva.

Uma das possibilidades de otimização destacada desses sistemas é dada pela conjugação de ambos em um equipamento único, híbrido fotovoltaico e térmico, que viabilize a utilização do calor inerentemente absorvido nos sistemas fotovoltaicos no processo de geração de energia elétrica para aquecimento de água (1). Tal híbrido, além da produção de dois tipos de energia - elétrica e térmica -, a partir de um mesmo equipamento, que contribui para arrefecimento do calor no sistema fotovoltaico, proporcionando-lhe melhor rendimento, ao mesmo tempo em que produz energia térmica, com rendimento próximo dos sistemas térmicos solares independentes convencionais, num mesmo equipamento e igual ou menor espaço útil (2,3). Mesmo em países onde há maior disseminação dessas tecnologias, a busca por equipamento de maior rendimento fotovoltaico com uso da energia térmica residual, ainda se constitui um desafio a superar. O equipamento conjugado objeto deste trabalho, híbrido fotovoltaico e térmico, encontra-se em estado inicial de desenvolvimento, havendo apenas produção singular de poucos fornecedores no exterior e instalações experimentais em escala.

O projeto descrito neste artigo contribuirá para aproximar a pesquisa e desenvolvimento desses tipos de tecnologias e equipamentos do que vem sendo desenvolvido em centros mais avançados e oferecer uma alternativa nacional para utilização desta tecnologia.

2.0 - SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.1 Curva V_{xI}

Um sistema de geração solar fotovoltaica, ou simplesmente fotovoltaico, é caracterizado quanto ao seu desempenho energético, pela sua curva característica V_{xI} (Tensão de saída por corrente de saída). Segundo a NBR10899, a curva V_{xI} é definida como a “representação dos valores de corrente de saída de um conversor fotovoltaico, em função da tensão, para condições preestabelecidas de temperatura e radiação” (4). A potência gerada pelo sistema é obtida pelo produto V_{xI} ponto a ponto.

Para ensaiar o sistema fotovoltaico, são produzidas diferentes radiâncias e, mantendo-se a temperatura do painel fotovoltaico constante, são obtidas diferentes curvas V_{xI} para cada radiância incidente, ver Figura 1.

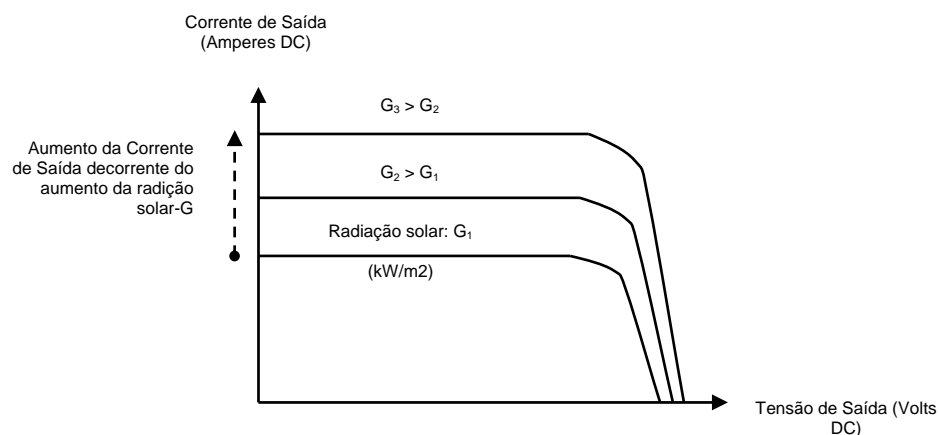


Figura 1: Ilustração das curvas V_{xI} para diferentes radiâncias incidentes a temperatura constante

2.2 Efeito da Temperatura Sobre o Desempenho do Sistema Fotovoltaico

Segundo (Prieb, 2002), observa-se uma diminuição da tensão do painel fotovoltaico a medida que se aumenta a temperatura do painel. A taxa de variação da tensão pela temperatura em painéis de silício é de tipicamente $-2,2mV/^{\circ}C$ (4). Esse decréscimo de tensão implica na proporcional diminuição da potência máxima de saída do sistema.

Segundo (Gonçalves, 1992) A tensão gerada por uma célula de silício em seu ponto de máxima potência é aproximadamente 0,45V à temperatura de 28°C e varia logarithmicamente com a intensidade da luz, com um decréscimo de 0,4%/°C (5).

Pensando-se em um sistema que precise atingir tensões da ordem de 12V, no caso de sistemas autônomos que se utilizam de baterias, seriam necessárias 27 células de 0,45V para compor o sistema. Pensando-se em uma operação 25°C acima da temperatura ambiente, haveria um decréscimo de tensão da ordem de 12,5% e seriam necessárias 30 células para atingir a mesma tensão.

Com a possibilidade de conexão direta à rede de distribuição, sistemas com tensões maiores estão sendo utilizados, ampliando as perdas devidas à aumento de temperatura.

Quando se realiza o ensaio de desempenho em função da temperatura destes mesmos sistemas, constroem-se as curvas V_{xl} para diferentes temperaturas a uma mesma radiação. Ver Figura 2.

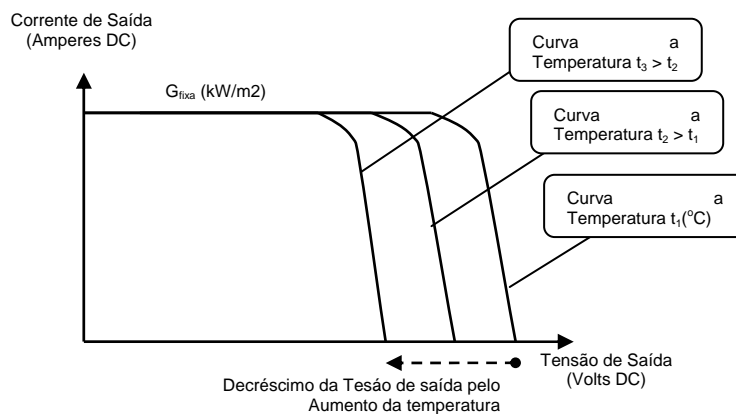


Figura 2: Ilustração do Decréscimo da tensão de Saída Decorrente do Aumento de Temperatura

Para tensões comerciais, o comportamento da tensão pela temperatura se apresenta conforme a Figura 3.

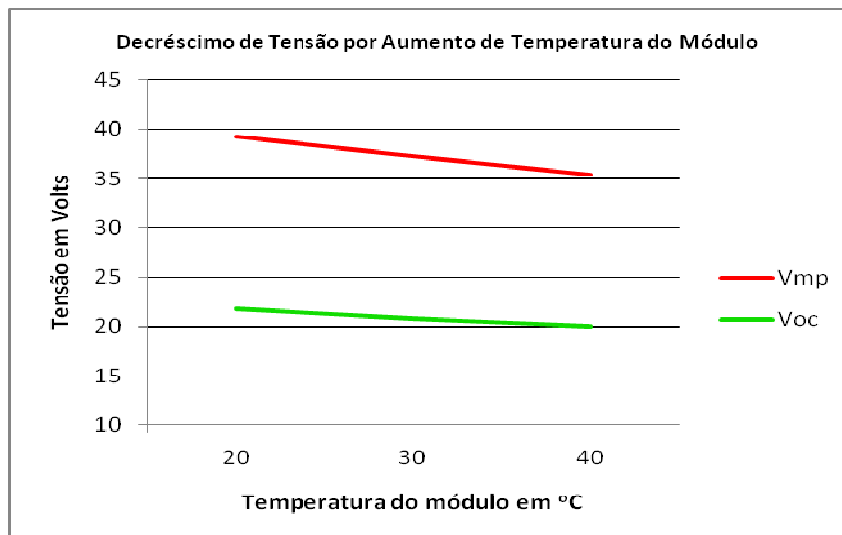


Figura 3: Comportamento da Tensão em função da Temperatura do Painel - Adaptado de King ET Ali, 1997. Onde: Voc = tensão de circuito aberto e Vmp = Tensão em máxima potência

O projeto prevê reduzir, por meio de sistema de arrefecimento, as perdas decorrentes do aumento de temperatura do painel fotovoltaico e sua conseqüente perda de potência por decréscimo da tensão.

3.0 - SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

O aquecimento solar é uma forma alternativa da utilização de energia natural, não poluente e especialmente abundante no Brasil devido à sua posição geográfica, intertropical. Além disso, o baixo nível de nebulosidade em períodos de inverno favorece o uso de energia solar nesse período do ano, justamente quando a necessidade de água quente é maior. A instalação correta dos coletores solares permite um adequado aquecimento de água para banho mesmo no inverno, quando a radiação solar é menos intensa. De modo geral, no hemisfério sul os coletores solares devem ser direcionados para a face norte, com inclinação igual a sua latitude mais dez graus de forma a se favorecer o aquecimento no inverno a inclinação. Para o aquecimento sem nenhum tipo de favorecimento utiliza-se o valor de sua latitude (7).

Os valores de radiação, ou incidência solar horária em Watt hora por metro quadrado (Wh/m^2), a partir dos quais é possível estimar a energia térmica aproveitável, para efeito de projeto, podem ser obtidos mediante a utilização de ferramentas computacionais tais como Radasol. (8).

A utilização de sistemas de aquecimento solar permite a substituição total ou parcial de chuveiros elétricos. A solução total ocorre quando o sistema se vale de aquecimento elétrico complementar no reservatório. A solução parcial ocorre quando se utiliza um chuveiro com controle dinâmico de temperatura para complementar a energia térmica necessária à água.

A tecnologia de aquecimento solar é plenamente conhecida e consolidada, onde são utilizadas placas metálicas dotadas de dutos de passagem de água que é movimentada por termossifão, que permite a circulação de água das placas coletoras até os reservatórios térmicos sem auxílio de bombeamento (9). Os sistemas de aquecimento solar requerem, portanto, a instalação de reservatórios isolados para armazenamento de água quente. Em média, para uma residência comum são utilizados reservatórios de 200L. No caso do sistema apresentado neste projeto, o sistema de aquecimento de água atuará, na realidade, como sistema de arrefecimento dos painéis solares fotovoltaicos.

4.0 - SISTEMA HÍBRIDO FOTOVOLTAICO/TÉRMICO

O presente projeto propõe a utilização dos painéis fotovoltaicos acoplados a um sistema de resfriamento a água.

Neste sistema, os painéis fotovoltaicos são utilizados sem alterações estruturais ou físicas em relação à sua configuração original. No entanto, em sua parte inferior é acoplado um sistema de arrefecimento à água por termossifão, onde o calor dos painéis solares será absorvido pelas placas coletoras e transferido ao fluido em circulação, no caso a água. Em um sistema de arrefecimento comum, esse calor seria rejeitado em um trocador de calor com o ambiente. No caso deste projeto, que utiliza comercialmente a energia térmica da água de resfriamento, esta será armazenada em um reservatório isolado. Embora este sistema de arrefecimento tenha desempenho inferior ao do sistema com rejeição de calor, essa utilização é muito semelhante aos sistemas consolidados de aquecimento solar de água e espera-se que apresente rendimento térmico semelhante aos destes. A grande vantagem do sistema híbrido reside justamente na associação de um sistema plenamente consolidado comercialmente como forma de alavancar a energia fotovoltaica, que teria seu rendimento aumentado. Conforme mencionado, estudos indicam possibilidade de ganhos de rendimento em painéis fotovoltaicos com o seu resfriamento. A eficiência dos painéis fotovoltaicos é medida em condições de laboratório, a 25 graus Celsius. Como os painéis operam entre 55 e 75 graus Celsius, o rendimento nominal dos painéis pode ser reduzido de 12 a 25% em relação ao rendimento nominal. Dessa forma, o equipamento híbrido poderia reduzir em cerca de 12% a 25% o custo do kWp efetivamente implantado, além do aproveitamento da energia térmica inerente para aquecimento de água.

4.1 Objetivos e Metodologia de Desenvolvimento do Sistema

Pensando-se em desenvolver um produto com as características mencionadas anteriormente, buscou-se desenvolver um produto com tais características mediante a aplicação de recursos do P&D, previstos na Lei 9991/2000, e operados pela Agência Nacional de energia Elétrica - ANEEL.

Ainda existem poucos casos de implantação no mundo de sistemas desta natureza. Torna-se necessário verificar o desempenho de sistema deste tipo fabricado com custos razoáveis para sua aplicação no Programa de Eficiência Energética - PEE das concessionárias. Para tanto se torna necessário:

- Desenvolver equipamento híbrido fotovoltaico e térmico para aquecimento de água e geração de eletricidade com energia solar;
- Reduzir o custo relativo de sistemas fotovoltaicos mediante o incremento do seu rendimento, proporcionando um custo menor por kWh disponível;

- Permitir a redução de demanda e o consumo de energia elétrica no horário de ponta do sistema distribuidor mediante a adoção de equipamento híbrido como substitutivo parcial de chuveiro elétrico;
- Permitir a redução de perdas não técnicas, mediante a redução do consumo em unidades consumidoras com histórico de inadimplência, com a adoção do equipamento híbrido fotovoltaico e térmico desenvolvido.

Esperam-se como possíveis desdobramentos esperados com o sucesso do projeto a adoção em larga escala em municípios da área de concessão da proponente, com uso de recursos do PEE voltado à Baixa Renda;

Para o desenvolvimento do sistema o projeto segue a seguinte metodologia:

- 1) Definição das aplicações prioritariamente pretendidas pela concessionária de distribuição de energia elétrica - e características do Sistema Experimental. Será apurado o indicativo de tipo de consumidores a ser preferencialmente contemplado e a destinação da energia gerada pelo Sistema Experimental (se destinada para conexão à rede distribuidora ou para alimentação de sistemas isolados da própria instalação residencial).
- 2) Desenvolvimento de proposta de configuração de Sistema Experimental mais adequada em função das aplicabilidades pretendidas pela concessionária.
- 3) Realização de estudo da arte dos sistemas Térmicos Solares para Aquecimento de Água e Fotovoltaicos, de modo dirigido, visando a melhor compatibilidade de configurações desses sistemas com a proposta de configuração definida para o Sistema Experimental.
- 4) Desenvolvimento de proposta de configuração passível de construção para o Sistema Experimental, com base nas mais adequadas pretendidas pela concessionária e aquelas estabelecidas pelo estado da arte verificado nos sistemas convencionais. Pretende-se que o Sistema Experimental seja composto por painel fotovoltaico acoplado termicamente a painéis para aquecimento de água por energia solar, constituindo um sistema híbrido.
- 5) Desenvolvimento de proposta de configuração para construção de 3 protótipos com especificidades distintas, para construção e análise de desempenho comparado para definição do mais adequado.
- 6) Montagem de 3 protótipos do Sistema Experimental. Montagem dos sistemas de controle: 1 Sistema Térmico para Aquecimento de Água e 1 Sistema Fotovoltaico.
- 7) Realização de testes, ensaios e análise comparativa de desempenho dos sistemas de controle e dos 3 protótipos de especificidades distintas do Sistema Experimental, por laboratório de entidade parceira credenciada.
- 8) Análise de resultados. Os resultados serão analisados quanto ao desempenho energético dos sistemas e sua implicação nas viabilidades técnica e econômica.

4.2 Características do Sistema

O sistema proposto será composto conforme diagrama a seguir, ver Figura 1.

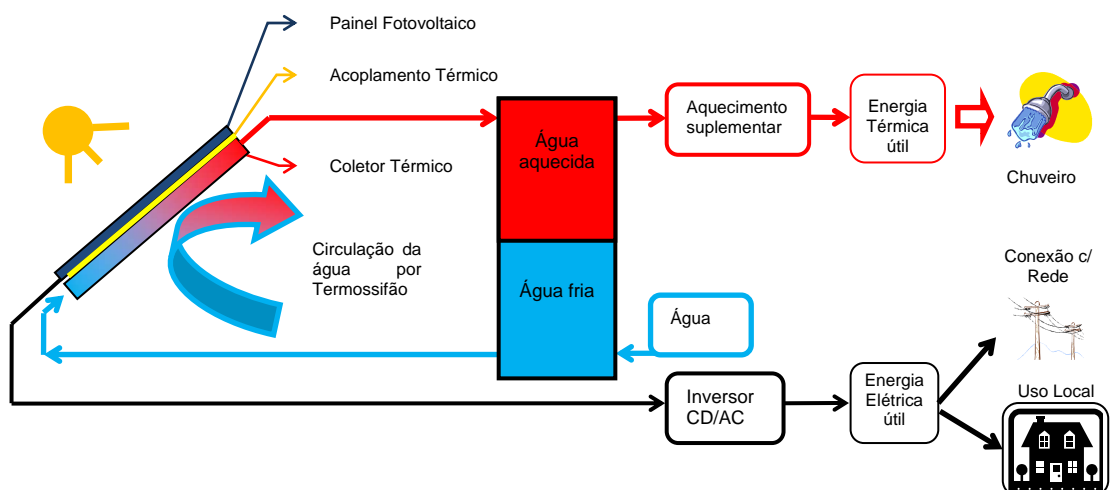


Figura 1: Topologia do Sistema Híbrido Solar Fotovoltaico/Térmico - SHFT

Basicamente o sistema Sistema Híbrido Fotovoltaico/Térmico - SHFT proposto será composto de :

- a) **Sistema de Geração Fotovoltaica**

- **Painéis fotovoltaicos.** Trata-se módulo físico de geração fotovoltaica sem alterações em seu projeto e constituição em relação ao originalmente encontrado no mercado;
- **Inversor.** Os inversores são equipamentos comumente encontrados no mercado e que permitem a conexão da geração fotovoltaica, p.ex. 48VDC, com a rede secundária da concessionária, p.ex. 220VAC.
- **Medidor.** Visando avaliar a possibilidade de venda de excedentes à rede e discussões sobre a regulação a respeito, o projeto irá se valer de sistema de medição na fronteira da geração fotovoltaica com a rede.

b) Sistema Térmico de Aquecimento de Água

O sistema térmico ser instalado em contato com os painéis fotovoltaicos serão compostos como se segue:

- Dutos metálicos de água, que será circulada através do princípio de termossifão;
- Presença ou não de placas metálicas entre dutos;
- Presença ou não de material especial para acoplamento térmico na interface entre o sistema fotovoltaico e o sistema térmico;
- Reservatório para armazenamento de água quente.

O sistema será composto de placa coletora solar térmica e respectivo reservatório, acoplada termicamente a painel solar fotovoltaico de tamanho idêntico ao da placa térmica. As capacidades inicialmente pretendidas são:

- Placas coletoras: 2m²;
- Painéis fotovoltaicos: 2m²;
- Reservatório de água: 200L.

5.0 - ENSAIOS E TESTES COM SISTEMA PILOTO

5.1 Ensaio em Condições de Laboratório

Os ensaios propostos têm por objetivo avaliar quantitativamente a eficiência energética de um sistema híbrido solar térmico-fotovoltaico.

Serão ensaiados 3 protótipos operando sob o mesmo princípio e mesmas dimensões, mas com características construtivas diferenciadas no que tange ao acoplamento térmico entre os sistemas solar fotovoltaico e térmico. Para avaliação comparativa de desempenho destes 3 protótipos, serão avaliados 2 sistemas de controle não acoplados: 1 solar fotovoltaico e 1 solar térmico. Os ensaios do sistema fotovoltaico de controle será realizado mediante o levantamento das 2 curvas descritas no item 2.0; Curvas V_{xI} (tensão de saída por corrente de saída) e V_{xT} (tensão de saída por temperatura do painel). O ensaio de sistemas solares térmicos é mais simples e consiste basicamente da avaliação da diferença de temperatura entre a água de entrada e de saída para diferentes radiações a uma dada temperatura ambiente.

5.1.1 Metodologia Proposta para os Ensaio para o Sistema Híbrido

Como o sistema híbrido a ser avaliado é um intermediário dos 2 sistemas de controle e busca-se uma comparação com sistemas separados e não com outro híbrido, propõe-se uma flexibilização nos ensaios do sistema fotovoltaico. Para tanto, a uma temperatura ambiente controlada, serão aplicadas uma série de radiações sobre o painel fotovoltaico e, ao invés de mantê-lo à temperatura controlada, a curva V_{xI} será levantada após o painel atingir a temperatura de equilíbrio para cada radiação G. Dessa forma, espera-se que o ensaio fique mais próximo do que ocorreria em campo e, dessa forma, se preste à finalidade de comparação com o sistema fotovoltaico de controle.

Em termos do painel coletor térmico esse já é o procedimento padrão e essa ação não representa mudanças em relação aos ensaios usuais.

Portanto, para realização dos ensaios comparativos propõe-se:

Sistema de Controle:

- Solar térmico: levantamento do desempenho mediante ensaio a diferentes radiações, à temperatura ambiente controlada;

- Solar fotovoltaico: levantamento do desempenho mediante ensaio a diferentes radiações, porém o levantamento das curvas $V \times I$ realizado após a placa atingir equilíbrio térmico (T_{placa} não controlada), à temperatura ambiente controlada.

Sistema Híbrido, 3 protótipos:

- SHFT: Levantamento conjunto de desempenho fotovoltaico e térmico para as mesmas variações de radiação do ensaio dos elementos de controle e nas mesmas condições.

Uma visão geral dos parâmetros variáveis e fixos da metodologia proposta de ensaio é apresentada a seguir, ver Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros para Ensaios

Sistema Solar	Ensaios	Parâmetros						
		Variáveis				Fixos		
FV	Radiância $x I x V$	G	I	V	T_{placa}	T_{amb}		
	Temperatura $x I x V$		I	V	T_{placa}	T_{amb}	G	
Térmico	Desempenho Térmico	G	$T_{\text{saída}}$		T_{placa}	T_{amb}	Vz	T_{entrada}
TermoFV	Desempenho Térmico	G	$T_{\text{saída}}$		T_{placa}	T_{amb}	Vz	T_{entrada}
	Radiância $x I x V$	G	I	V	T_{placa}	T_{amb}		
	Temperatura $x I x V$		I	V	T_{placa}	T_{amb}	G	

Onde:

I: Corrente de saída do painel fotovoltaico em Amperes;

V: tensão de saída do painel fotovoltaico em Volts;

G: Radiação em kW/m^2 ;

$T_{\text{saída}}$: temperatura da água de saída do aquecedor solar;

T_{entrada} : temperatura da água de entrada do aquecedor solar;

T_{amb} : Temperatura ambiente;

Vz: vazão de água no sistema de aquecimento solar em L/min;

T_{placa} : temperatura do painel solar em graus Celsius.

* Nota-se que uma variável importe neste caso é a temperatura ambiente.

Uma opção de refinamento dos ensaios poderia incluir a repetição dos mesmos em função desta variável.

5.2 Avaliação dos Resultados

Como resultado final dos ensaios com os protótipos e os sistemas de controle espera-se a comparação de rendimentos (com avaliação dos erros de medição) de forma que possam ser comparados em termos percentuais.

Após os ensaios pretende-se proceder a uma implantação piloto dos sistemas testados em laboratório, em unidade residencial de baixa renda em cidade da área de concessão da concessionária. Com essa instalação se pretende medir o desempenho dos sistemas quanto a rendimentos, facilidades de instalação, operação e manutenção.

Espera-se avaliar a viabilidade do sistema segundo os parâmetros da metodologia estabelecida pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL para avaliação de projetos de eficiência energética, um projeto é viável com uma Relação Custo Benefício - RCB de até 0,8 (10).

6.0 - VIABILIDADE

Embora o projeto de P&D ainda esteja em desenvolvimento, podem-se estimar alguns dos os benefícios econômicos da implantação de um sistema com tais características. Com potencial de implantação em larga escala, esse sistema impacta o mercado, pela redução do custo de geração, e por minimizar perdas comerciais em unidades residenciais, dado atuar como substitutivo a chuveiros elétricos.

Pode-se destacar também o fato de algumas distribuidoras de energia virem focando grande parcela de seus recursos de Eficiência Energética em projetos de aquecimento solar de água para consumidores residentes em conjuntos habitacionais de baixa renda, reduzindo despesas com consumo nessas instalações e melhorando condições de adimplência. Tais projetos valem-se de coletores solares com reservatórios coletivos ou individuais para aquecimento de água em substituição/complementação ao chuveiro elétrico.

Projetos dessa natureza, já aprovados pela ANEEL e em execução no momento, apresentam Relação Custo Benefício menores que 0,7. Segundo metodologia estabelecida pela Agência para avaliação de viabilidade de Projetos de Eficiência Energética, o projeto seria viável com RCB de até 0,8, denotando grande margem de viabilidade técnica e econômica desses projetos, passíveis, inclusive, de comportar incrementos que alavanquem outros desenvolvimentos, como o ora proposto. Neste contexto, visualiza-se a possibilidade de fomento à utilização de energias renováveis mediante a introdução de geração elétrica fotovoltaica para atendimento de cargas em tais consumidores, com ou sem conexão com a rede para venda de excedentes.

Conforme mencionado, o sistema proposto por este projeto pretende oferecer uma alternativa tecnológica de integração entre os dois sistemas, o fotovoltaico e o de aquecimento de água, com o que se poderia obter ganhos de rendimento da ordem de 12% a 25%, oriundos do resfriamento dos painéis fotovoltaicos. Pensando-se somente nos projetos de Eficiência Energética que vem sendo desenvolvidos junto a CDHU - Cia. Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo. Ilustrativamente, para cerca de mil unidades residenciais de baixa renda, que poderiam ser atendidas com 1kWp fotovoltaico cada, o potencial de redução de custos para aplicação desta tecnologia, de 12%, poderia representar uma economia de R\$1.200.000,00 (seis milhões de reais).

7.0 - CONCLUSÃO

O projeto de P&D em questão encontra-se em desenvolvimento e espera-se obter dados experimentais ainda no primeiro semestre de 2011.

A aplicação de recursos do Programa de Eficiência Energética em projetos de aquecimento solar de água para banho, em consumidores residentes em conjuntos habitacionais de baixa renda, vêm-se tornando cada vez mais comum. Tais projetos valem-se de coletores solares com reservatórios coletivos ou individuais para aquecimento de água em substituição/complementação ao chuveiro elétrico e, com a utilização do sistema aqui proposto tais projetos podem se tornar elementos alavancadores de sistemas de geração fotovoltaica.

Além destes consumidores, o sistema se presta ao atendimento de instalações que utilizam água aquecida e energia elétrica, tais como: - prédios voltados a serviços públicos (creches, escolas, postos de saúde e hospitais, etc.), além de grande potencial de inserção do equipamento em unidades residências, inclusive edifícios multifamiliares. A similaridade das condições de implantação permite a adoção do equipamento em todo o sistema interligado nacional, visando à redução de consumo e demanda de energia elétrica no horário de ponta do sistema distribuidor, além da possibilidade de sua aplicação para atendimento de unidades isoladas como recurso de micro-geração de energia elétrica e térmica. O equipamento instrumenta a Concessionária para melhor atender seus consumidores mediante a oferta de produto diferenciado, promovendo a redução de demanda de ponta e consumo de energia elétrica e a conseqüente postergação de investimentos no sistema de distribuição.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) HOLLIK, V. "Hybrid PV/Thermal: The Next Solar Frontier", Renewable Energy World, Nov-Dez, Vol 12, number 6, 2009.
- (2) RADZIEMSKA, Ewa; "Integrated system performance analysis of a photovoltaic-thermal"; Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy, Volume 2009, Article ID 732093, 6 pages doi:10.1155/2009/732093, 21 April 2009.
- (3) CHARALAMBOUS, P.G., KALOGIROU S.A., MAIDMENT, G., KARAYIANNIS, T.G.; "Photovoltaic thermal (pv/t) collectors: a review "; HPC 2004 - 3rd International Conference on Heat Powered Cycles, Cyprus, October 2004.
- (4) PRIEB, C. W. M.; Desenvolvimento de um Sistema de Ensaio de Módulos Fotovoltaicos; Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia, UFRGS, Junho de 2002.
- (5) GONÇALVES, S. W.; " Comparação entre Métodos de Dimensionamento de sistemas Fotovoltaicos Autônomos por simulação", Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia, UFRGS, Fevereiro de 1992.
- (6) KING D. L., KRATOCHVIL J. A.; BOYSON, W. E. Temperature Coefficients for PV Modules and Arrays: Measurement Methods, Difficulties, and Results, Presented at the 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, September 29- October 3, 1997, Anaheim, California
- (7) GIMENES, A. L. V.; SAIDEL, M. A. ; FUJJI, R. J. ; MOREIRA, J. R. S.. Implementação de um Sistema Solar de Grande Porte para Pré-Aquecimento de Água. In: Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRÉ - XII ERIAC, 2007. Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRÉ - XII ERIAC, 2007.
- (8) Gimenes, A. L. V.; Saidel, M. A., Morales, C., Ladeira, R. Ferramenta Computacional para Previsão de Curva de Carga a partir da Previsão de Temperatura Ambiente. CIDEL 2006 – International Congress on Electricity Distribution, Buenos Aires. 2006.
- (9) SOCIEDADE DO SOL, textos diversos; <http://www.sociedadedosol.org.br/>
- (10) ANEEL- Agência Nacional de Energia Elétrica - "Manual para elaboração do Programa de Eficiência Energética" - 2008. Aprovado pela Resolução Normativa nº 300, de 12/02/2008.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Dr. André Luiz Veiga Gimenes (São Paulo/SP – 1971), Engenheiro Eletricista – 1997, Mestre em Engenharia Elétrica – 2000 e Doutor - 2004 na área de Planejamento Energético, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-USP. Atua nas áreas de Planejamento Energético, Planejamento Integrado de Recursos, Eficiência Energética e Energias Renováveis. Atualmente é consultor da EDP Bandeirante e Diretor Técnico da EXER Desenvolvimento Sustentável e Coordenador do projeto descrito neste artigo.

Wagner Pereira Silvestre (São Paulo/SP-1964), Sociólogo pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP (1992). Especialista em Análise de Sistemas e Gestão das Informações - IPEP / SP (2000) Especialista em Administração de Empresas pela Fundação Instituto de Administração - FIA / USP (2005). MBA Gestão Empresarial pela Fundação Instituto de Administração - FIA / USP (2008). Extensa carga horária em cursos, seminários e eventos, palestrante e autor de trabalhos e artigos específicos da atividade de eficiência energética. Mais de 30 anos de experiência e sólida carreira no Setor Elétrico, em áreas técnicas, do meio ambiente, e intensa atuação na área comercial, em funções de gerência e coordenação, em sistemas, gestão, eficiência energética e desenvolvimento de negócios. Consultor Comercial e Gerente de Eficiência Energética na EDP Bandeirante e Grupo EDP - Eletricidade de Portugal (2002-2009). Diretor Executivo da EXER - Desenvolvimento Sustentável (2010 - atual).

Dr. Miguel Edgar Morales Udaeta (Cochabamba, Bolívia-1957), é membro do Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas (GEPEA) da EPUSP. Engenheiro Elétrico (UMSS – Bolívia, 1984), com Mestrado (1990) e doutorado (1997) em Sistemas de Potência pela Escola Politécnica da USP; desde 1992 atua nas áreas de Planejamento Energético, Planejamento Integrado de Recursos, Uso Final e Custos Completos da Energia, Energização Rural, e Energia e Meio Ambiente. Atualmente, é PV do PRH-ANP/04 do IEE/USP (Instituto de Eletrotécnica e Energia USP) e professor de pós-graduação e pesquisador na EPUSP (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo).