



**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 E DA EDUCAÇÃO - GET

AValiação DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA

**Marcelo J. dos Santos(*)
ELETROBRAS**

**Emerson Salvador
ELETROBRAS**

**George C. dos Santos
ELETROBRAS**

**Moisés A. dos Santos
ELETROBRAS**

**Leonardo N. A. da Silva
ELETROBRAS**

**Rafael M. David
ELETROBRAS**

**Elizabeth M. D. Pereira
MGE**

RESUMO

A Eletrobras e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUC-MG desenvolveram um programa de ações integrantes do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, com o objetivo de avaliar a situação real das instalações de aquecimento solar no Brasil para finalidade banho e piscina, nas classes residencial e industrial e setor de serviços. O projeto visa também dar subsídios para o aproveitamento da energia solar térmica no país, bem como a formulação de políticas governamentais. Um dos nichos avaliados no estudo se refere às moradias de baixa renda, cujos principais aspectos e resultados são apresentados neste artigo.

PALAVRAS-CHAVE

Aquecimento Solar, Baixa Renda, Instalações, Avaliação.

1.0 - INTRODUÇÃO

No Brasil, a matriz elétrica é essencialmente renovável e várias ações têm sido feitas para o desenvolvimento e aproveitamento de fontes alternativas, como a energia solar, em especial para aquecimento de água. De acordo com a *Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso da Classe Residencial*, realizada pelo Procel em 2005, o equipamento de uso residencial com maior participação no consumo final de energia elétrica na classe residencial é o chuveiro elétrico, representando cerca de 24%. Ainda segundo o Procel, o aquecimento de água em chuveiros elétricos está presente em cerca de 70% das residências brasileiras, sendo que nas regiões Sul e Sudeste, seu uso atinge quase que a totalidade das residências. Nesse contexto, o aquecimento de água através da energia solar aparece como uma oportunidade a ser explorada, tendo em vista o potencial existente no Brasil para esse tipo de tecnologia.

Sob a ótica do sistema elétrico, um dos principais benefícios do uso da tecnologia solar é a retirada de carga do horário de ponta do sistema elétrico, implicando diretamente no aumento da confiabilidade do sistema, na redução de perdas e na postergação de investimentos em geração e transmissão. Sob a perspectiva social, benefícios podem ser percebidos pelos usuários, quando a redução da fatura de energia elétrica propicia um incremento no orçamento familiar, cujo impacto é ampliado em classes sociais menos favorecidas. Nesse caso, a redução média do consumo mensal de energia elétrica pode alcançar 35%, segundo um Projeto Piloto realizado em Contagem-MG, que contou com a participação do Procel/Eletrobras, onde 100 residências foram monitoradas durante o período de cinco anos.

Os padrões mínimos de confiabilidade, durabilidade e desempenho dos equipamentos empregados em sistemas de aquecimento solar são garantidos por meio de uma rotina de verificação, mediante ensaios em laboratórios de referência. Para isso, a Eletrobras e o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade – Inmetro, com o apoio dos laboratórios do GREEN Solar da PUC-MG e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, coordenam o

Programa Brasileiro de Etiquetagem de Coletores Solares e Reservatórios Térmicos desde 1996, onde os primeiros equipamentos com Selo Procel foram concedidos em 2000.

A produção de energia de um sistema de aquecimento solar não depende apenas da qualidade e do desempenho térmico dos equipamentos, mas também de sua correta inserção na edificação, do seu dimensionamento adequado, da qualidade do projeto, da correta instalação e da manutenção executada. Portanto, ainda havia uma necessidade de se entender melhor a vertente da eficiência das instalações dos sistemas existentes. Nesse sentido, o Procel/Eletrobras lançou mão, em 2006, de um amplo estudo pioneiro, de nível nacional, com o objetivo de avaliar *in loco* a situação real das instalações de aquecimento solar.

A partir do ano de 2000, os sistemas de aquecimento solar passaram a ser incorporados como estratégia brasileira para promover a eficiência energética, cujas ações partiram das concessionárias de energia elétrica, que necessitavam aplicar recursos em projetos nessa área. Dessa forma, as concessionárias realizaram doações de equipamentos de aquecimento solar para diversas residências consideradas de baixa renda. No estudo realizado pelo Procel e PUC-MG, um dos nichos avaliados compreendeu tais residências, cujos resultados são apresentados neste artigo.

2.0 - PROJETO DE AVALIAÇÃO DE INSTALAÇÕES DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR

Em outubro de 2006, foi celebrado uma parceria entre a Eletrobras, por meio do Procel, e a PUC-MG, com o intuito de avaliar a situação real das instalações de aquecimento solar no Brasil, para as modalidades banho e piscina, na classe residencial (uni e multifamiliares), classe industrial e setor de serviços (hotéis, motéis, escolas). Para tal, foi feito um levantamento *in loco* das condições reais de dimensionamento, projeto, instalação, operação e vida útil dos sistemas de aquecimento solar, bem como uma análise comportamental dos usuários frente à tecnologia.

Para isso, foram levantadas informações referentes ao setor de aquecimento solar brasileiro e uma definição das cidades que seriam pesquisadas em função de características específicas referentes ao uso do aquecimento solar. Foram selecionadas sete cidades brasileiras, abrangendo um universo de diferentes aplicações de aquecimento solar, conforme está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Abrangência do Projeto

Localidade	Aplicação
Belo Horizonte - MG	Obras de grande porte e indústrias
Campinas - SP	Residências de alta e média renda
Porto Seguro - BA	Hotéis e pousadas
Brasília - DF	Aquecimento de piscinas
Rio de Janeiro - RJ	Habitações populares
Bauru - SP	Habitações populares
Belém - PA	Aplicações diversas

A última etapa desse projeto se refere à elaboração de subsídios para nortear as ações do Procel nos próximos anos. Esse estudo, de âmbito nacional, é inédito no Programa e será uma grande contribuição para o governo brasileiro e demais agentes envolvidos com o desenvolvimento de sistemas alternativos de aproveitamento energético no país.

Em cada uma das sete cidades contempladas pelo projeto estabeleceu-se uma parceria com uma universidade ou escola técnica local responsável pela realização do levantamento de dados em campo. Além da própria PUC-MG, participaram do projeto a Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, o Centro Federal Tecnológico da Bahia – CEFET-BA, a Universidade Federal de Brasília – UNB, a Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ, a Universidade Estadual Paulista – UNESP e a Universidade Federal do Pará – UFPA.

Contando com a participação de cerca de 50 pesquisadores, envolvendo professores, alunos, engenheiros, gestores e outros profissionais, foram realizadas avaliações técnicas em 698 instalações de aquecimento solar de um total de quase 4 mil amostras identificadas. Todas as atividades dessa pesquisa de âmbito nacional foram finalizadas em 2010.

3.0 - AVALIAÇÃO DE INSTALAÇÕES DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR EM RESIDÊNCIAS DE BAIXA RENDA

Tendo em vista os benefícios proporcionados pelo uso da tecnologia solar para aquecimento de água, no que se refere à economia de energia em substituição ao aquecimento elétrico instantâneo, uma das vertentes do projeto

compreendeu a avaliação das instalações de aquecimento solar das residências unifamiliares consideradas de baixa renda.

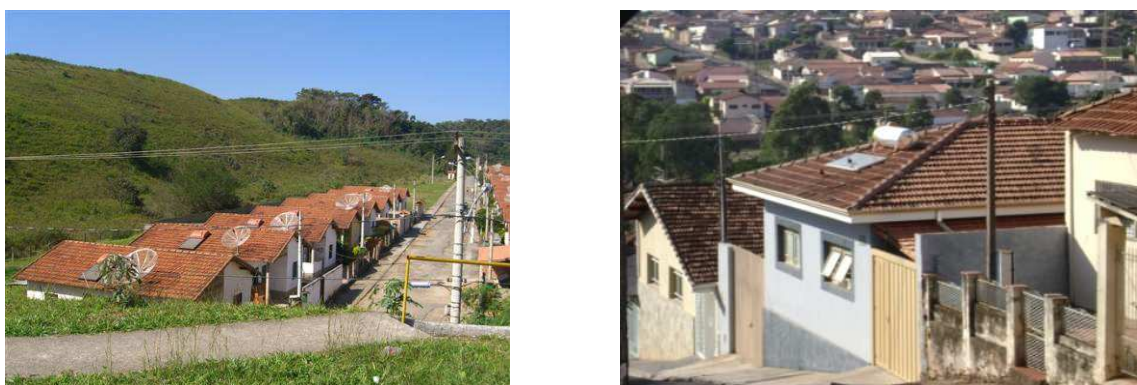


FIGURA 1 – Moradias de baixa renda com sistemas de aquecimento solar

As pesquisas realizadas nas residências de baixa renda ocorreram no período de maio de 2007 a outubro de 2008, abrangendo os estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. As visitas técnicas foram realizadas em dez municípios do Rio de Janeiro (Belford Roxo, Duque de Caxias, Mendes, Mesquita, Nova Iguaçu, Rio das Flores, Rio de Janeiro, São João de Meriti, Valença e Vassouras) e em cinco municípios de São Paulo, compreendendo a região de Bauru (Areiópolis, Bauru, Botucatu, Pratânia e São Manuel). Nessas regiões, o projeto contou com a colaboração de pesquisadores da UERJ e da UNESP, respectivamente.

Esse processo de avaliação verificou questões técnicas, bem como questões comportamentais e de satisfação dos moradores. Assim, para a realização dessas atividades, foi desenvolvida uma metodologia de trabalho, cujos principais aspectos se encontram enumerados a seguir:

3.1 Questionários de avaliação

Foi desenvolvido um “Questionário A” com o objetivo de fazer um levantamento das informações técnicas dos sistemas de aquecimento solar, onde foram verificados os aspectos de dimensionamento, segurança, projeto, funcionamento, operação, vida útil e estado de conservação dos equipamentos, os quais permitiram uma classificação de forma geral das instalações. Por outro lado, as questões relacionadas aos aspectos sócio-econômicos e comportamentais sobre o uso do aquecimento solar de água são tratados no “Questionário B”. Com a criação de um *website* dedicado exclusivamente a esse projeto, foi possível oferecer sigilo e formas apropriadas de transferir e armazenar todas as informações coletadas nos questionários. A Figura 2 apresenta os blocos com os principais aspectos técnicos e comportamentais empregados na avaliação em questão.

3.2 Capacitação de bolsistas e pesquisadores

Com o intuito de capacitar o pessoal técnico responsável pela realização das pesquisas de campo foi desenvolvido um treinamento composto por aulas teóricas e práticas. Cada grupo de trabalho foi composto por 01 professor e 04 estudantes de graduação. O treinamento incluiu conceitos de geometria solar, aspectos construtivos de coletores solares e reservatórios térmicos e características de funcionamento desses sistemas, de acordo com os fatores variáveis encontrados em cada localidade. Nas aulas práticas, os estudantes também puderam aprender a utilizar os materiais e equipamentos que constituíram o kit de avaliação do projeto, tais como GPS, trena, bússola, inclinômetro e câmera digital para registrar as visitas às obras de aquecimento solar.

3.3 Material didático e manual de visita

Para orientar os pesquisadores durante as visitas de campo foi elaborado um material técnico compreendendo informações e conceitos teóricos e práticos relacionados aos sistemas de aquecimento solar. Este material também foi empregado nos cursos de treinamento dos estudantes participantes do projeto.

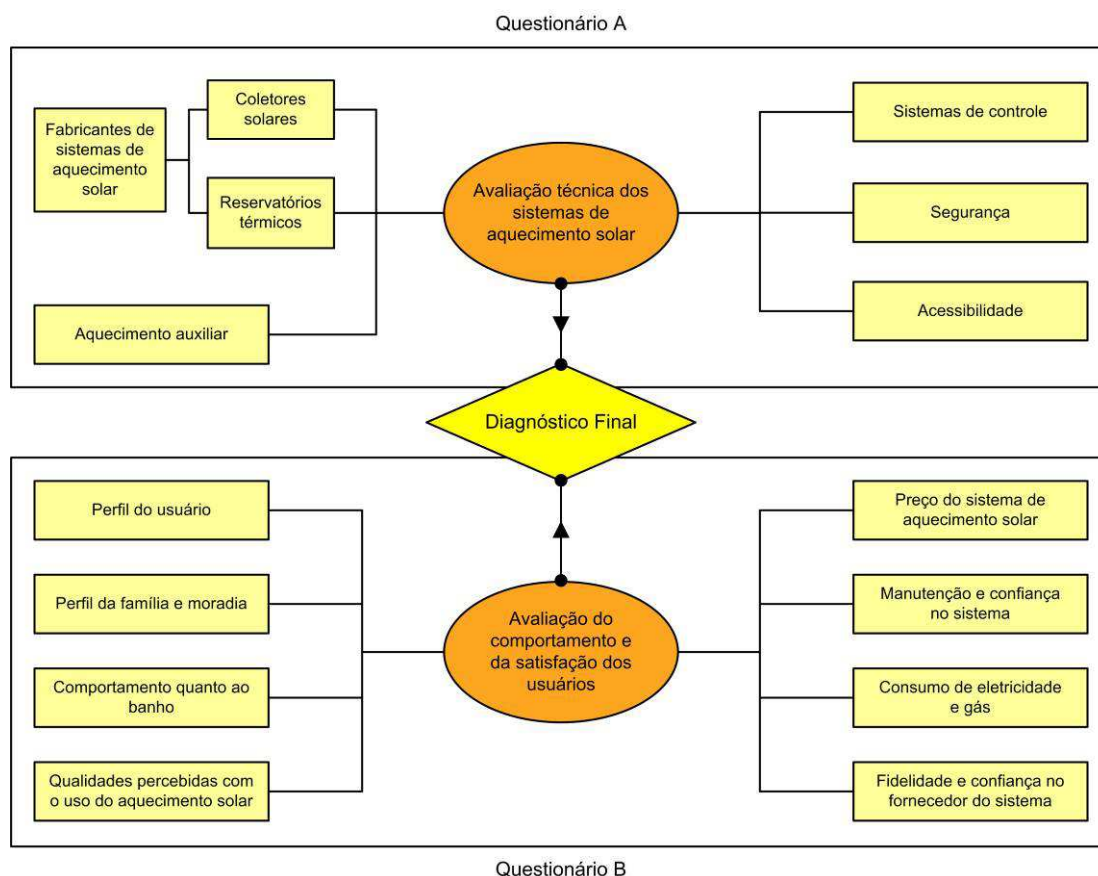


FIGURA 2 – Blocos de investigação tratados nos questionários de avaliação

3.4 Elaboração de Banco de dados

Base de dados sobre as obras de aquecimento solar visitadas, fabricantes, revendas e instaladores que atuam nas regiões atendidas pelo projeto para definição das amostras a serem pesquisadas.

No estado do Rio de Janeiro, o levantamento amostral foi obtido a partir do *Projeto Baixada Fluminense*, realizado pela Concessionária de Energia Elétrica local, que é parte do Programa Nacional de Eficiência Energética da ANEEL. Este projeto previu a inserção de equipamentos de aquecimento solar em moradias unifamiliares de baixa renda e instituições filantrópicas que atendessem populações carentes. Por outro lado, na região de Bauru, a estratégia mais eficaz para a caracterização dos locais a serem visitados foi a busca visual em campo para a localização dos equipamentos de aquecimento solar.

3.5 Análise Estatística

A metodologia referente ao tratamento estatístico dos dados levantados anteriormente, baseou-se no plano amostral aleatório estratificado para a definição do número total de amostras, garantindo a representatividade das informações levantadas. Basicamente, nesse método, uma subdivisão das amostras em subpopulações ou grupos é feita, considerando os menores erros.

Um software especial foi desenvolvido em *Matlab* para realizar a divisão dos agrupamentos referentes às variáveis a serem analisadas. Desse forma, para a análise dos agrupamentos foi empregada a técnica hierárquica aglomerativa de Ward, tendo em vista que o número de variáveis e observações era reduzido, possibilitando ainda a especificação do número máximo de agrupamentos desejado e da correlação entre os elementos dentro de cada conglomerado.

A técnica da distância Euclidiana, indicada para análise multivariável, foi empregada para a seleção de amostras dentro dos agrupamentos. O cálculo do número de amostras a serem visitadas considerou um percentual de 20% de falhas dentro do universo de instalações levantadas.

No total, foram realizadas avaliações técnicas em 154 instalações de sistemas de aquecimento solar, sendo 82 amostras no estado do Rio de Janeiro e 72 em São Paulo.

3.6 Pesquisas de campo

Após a definição do número de amostras a ser visitado, iniciou-se o processo de levantamento de informações técnicas, no qual a equipe de pesquisadores coletou dados de orientação e inclinação de coletores solares, associação e distância entre coletores, características e identificação de coletores e reservatórios, condições de acessibilidade e segurança, obstáculos no entorno dos coletores e sistema de aquecimento auxiliar. Tais informações foram registradas através do preenchimento dos questionários desenvolvidos especificamente para a aplicação em residências de baixa renda, bem como da elaboração de croquis hidráulico e arquitetônico. Nessa etapa, também foram coletados os dados referentes ao nível de satisfação e comportamento dos usuários perante à tecnologia solar. As fotos, a seguir, ilustram algumas pesquisas realizadas em campo.



FIGURA 3 – Pesquisas de campo realizada no Rio de Janeiro



FIGURA 4 – Pesquisas de campo realizada em Bauru

4.0 - PRINCIPAIS RESULTADOS

A partir do levantamento técnico realizado nas 154 instalações de sistemas de aquecimento solar, localizadas em 15 municípios dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo, foi possível avaliar os principais aspectos para o bom funcionamento destes sistemas, cuja análise considerou o arranjo hidráulico, qualidade dos equipamentos, acessibilidade, segurança, monitoração, manutenção do sistema, entre outros.

Basicamente, no que diz respeito à identificação dos sistemas de aquecimento solar das residências visitadas, verificou-se dois tipos de tecnologias: reservatórios térmicos com capacidade total de 200 litros ou 110 litros e coletores solares com área nominal de $1,60\text{ m}^2$ ou $1,40\text{ m}^2$. Em São Paulo, cerca de 85% dos reservatórios apresentavam uma capacidade de 200 litros. Já no Rio de Janeiro, os reservatórios de 200 litros estavam presentes em 51,2% das residências. Ressalta-se ainda que, em cada um dos dois estados, cerca de 71% do

tamanho das famílias estava compreendido na faixa de 2 a 4 pessoas. Além disso, foram identificados e avaliados os sistemas de 5 fabricantes de equipamentos.

No que se refere à qualidade e durabilidade dos equipamentos instalados, algumas situações foram detectadas. Em 11,5% dos sistemas instalados em São Paulo foram constatados vidros quebrados nos coletores, enquanto que no Rio de Janeiro o problema foi verificado em 11,1% dos casos. Também se verificou alguns casos de sombreamento, com 8,3% das moradias em São Paulo e apenas 1,2% no Rio de Janeiro. Problemas de ar na tubulação, entupimento e infiltração foram constatados em algumas moradias do Rio de Janeiro, representando 6,4%, 5% e 4%, respectivamente.

Ressalta-se como um dos pontos críticos apontados na pesquisa, o vazamento no uso do registro misturador (Figura 5), correspondendo a cerca de 56% do total de casos, sugerindo pesquisas por soluções tecnológicas mais adequadas e resistentes ao uso.



FIGURA 5 – Exemplos de instalação do chuveiro com o registro misturador

A Figura 6 apresenta os principais problemas encontrados nas instalações de aquecimento solar das residências de baixa renda.

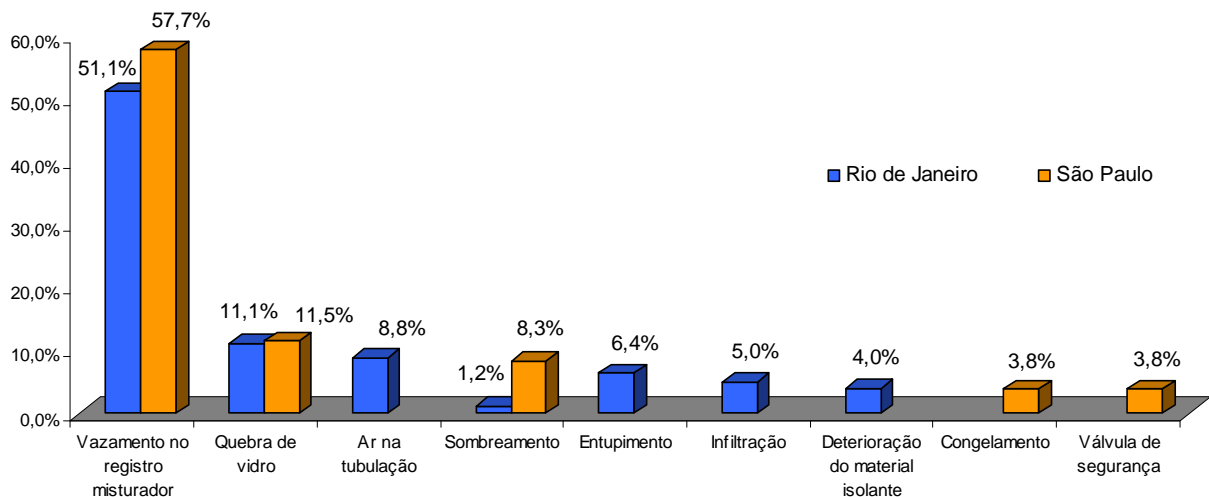


FIGURA 6 – Principais problemas existentes nos sistemas de aquecimento solar

Para as residências de baixa renda do Rio de Janeiro, cujos sistemas de aquecimento solar foram instalados em sua totalidade por programas de eficiência energética da concessionária de energia elétrica, bem como em São Paulo, o sistema auxiliar é sempre elétrico, representado por uma resistência elétrica instalada no reservatório térmico ou, na grande maioria, com complementação no próprio chuveiro elétrico. Vale destacar que, nesse caso, o chuveiro elétrico está presente em 86% e 78% das residências do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente. Além disso, no Rio de Janeiro, cerca de 64% dos chuveiros verificados possuíam potência elétrica de até 2800 W, enquanto que em São Paulo, aproximadamente 69% dos chuveiros apresentaram potência de 5400 W, tendo em vista que neste estado as temperaturas médias são mais baixas.

No que diz respeito aos cuidados com os equipamentos, cerca de 66% do total de moradores das duas localidades não realizam a limpeza periódica dos vidros dos coletores solares. Além disso, verificou-se que 36,1% dos vidros dos coletores instalados em São Paulo se encontravam sujos, sendo 17% dos casos no Rio de Janeiro. Essa diferença pode ser explicada pelo fato de haver um maior número de residências de São Paulo localizadas em áreas urbanas, o que provoca um maior acúmulo de partículas nos coletores.

Para a região de Bauru, estudos mostram que a melhor eficiência energética para os meses de inverno é obtida pela inclinação correspondente à latitude média, da ordem de $32,41^\circ$ ao sul. A pesquisa constatou que os coletores foram instalados com inclinações que variaram, principalmente, entre 10° e 40° . Em 44,4% dos casos a inclinação estava compreendida entre 20° e 30° ; e em 33,3% entre 30° e 40° .

Visando verificar se os sistemas de aquecimento solar estavam instalados de tal forma a permitir o acesso mínimo para ajuste, limpeza, manutenção ou substituição de equipamentos, observou-se que, embora os mesmos estivessem dispostos em telhados e lajes de cobertura, os riscos apresentados se referem à queda na subida e descida. Constatou-se que o acesso aos sistemas não foi possível em 10% e 4,2% das residências do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente.

Também foi constatado um elevado nível de satisfação geral dos moradores com o uso do aquecimento solar, representando 88% e 79%, respectivamente, nos estados do Rio de Janeiro e de São Paulo. No que se refere especificamente à percepção das famílias quanto à economia de energia proporcionada pelo uso dos sistemas de aquecimento solar, o índice atingiu 93% e 96%, respectivamente. A Figura 7 mostra a avaliação do nível de satisfação dos moradores em relação à economia de energia elétrica proporcionada pelo uso da tecnologia solar.

Finalmente, quanto à temperatura da água do banho com o uso do sistema de aquecimento solar, o nível de satisfação das famílias também foi bastante positivo, conforme pode ser observado na Figura 8.

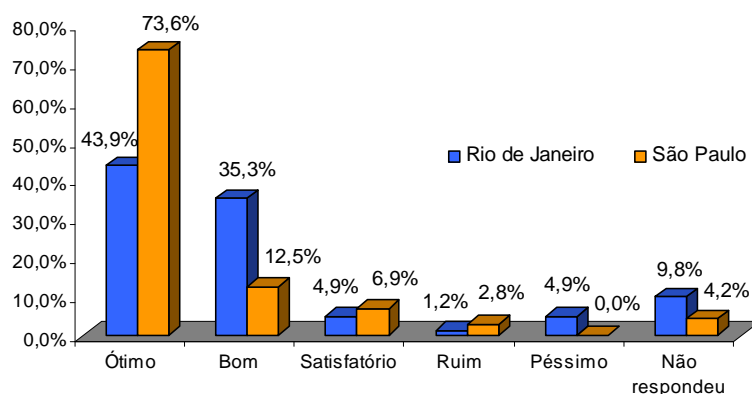


FIGURA 7 – Avaliação da satisfação dos moradores com o sistema de aquecimento solar em relação à economia de energia elétrica

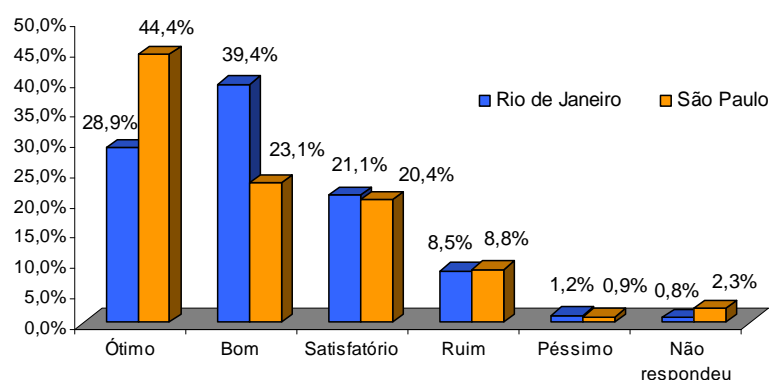


FIGURA 8 – Avaliação da satisfação dos moradores com a temperatura do banho do sistema de aquecimento solar

5.0 - CONCLUSÃO

Os resultados da pesquisa realizada nas instalações de aquecimento solar evidenciam a apropriação da tecnologia solar pela população de baixa renda, permitindo uma economia de energia elétrica a ser obtida pelas famílias. No entanto, ainda existe uma barreira associada ao preço dos equipamentos, principalmente quando se trata de sua aquisição por classes sociais menos favorecidas.

Verificou-se que os problemas de manutenção dos sistemas de aquecimento solar, a acessibilidade às instalações e a falta de conhecimento da tecnologia mostraram-se recorrentes em várias obras visitadas. Também se constatou um elevado grau de satisfação dos moradores com o sistema. Entretanto, percebeu-se a necessidade de um atendimento continuado às famílias de baixa renda para que as informações gerais relacionadas à manutenção dos equipamentos e às boas práticas no uso da água quente não se percam ao longo do tempo.

Os resultados da pesquisa mostraram-se bastante positivos, no sentido de motivar novas ações para alavancar políticas públicas, tal como o programa do governo federal *Minha Casa Minha Vida*, onde a utilização de sistemas de aquecimento solar está sendo oferecida, com o uso complementar de chuveiros elétricos de potência reduzida. Por outro lado, os resultados também sugerem a criação de programas de medição e verificação, para que se estabeleçam parâmetros para avaliar os benefícios gerados pelo aproveitamento da energia solar térmica, programas de difusão da tecnologia e formação de mão de obra especializada, envolvendo todas as etapas de projeto, execução e manutenção.

Dentre os produtos do projeto, destaca-se o desenvolvimento do software *Dimensol*, que auxilia o dimensionamento e o cálculo de economia de energia em instalações de aquecimento solar. Essa ferramenta está disponível no Portal Procel Info (www.procelinfo.com.br).

Destaca-se ainda a importância da parceria com universidades e centros de pesquisa para solução de problemas e desafios, contribuindo para o desenvolvimento da tecnologia solar. A consolidação e quantificação dos resultados poderão gerar indicadores de qualidade para instalações de aquecimento solar, visando à elaboração de um *Manual de Boas Práticas*, assim como a definição de um plano de ações para o setor de aquecimento solar no país, incluindo novas pesquisas com vistas a reduzir o valor de investimento inicial de aquisição dos equipamentos. Além disso, o estudo permitiu gerar subsídios básicos para atuação do Procel em ações de eficiência energética na oferta de energia nos próximos anos.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ELETROBRAS/PROCEL. *Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial no Ano Base 2005*. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 23 fev. 2011.
- (2) ELETROBRAS/PROCEL. *Relatório de avaliação dos resultados do PROCEL 2009*. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 23 fev. 2011.
- (3) FANTINELLI, J. T. *Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares : estudo de caso em Contagem – MG*. Tese de D.Sc., UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 2006.
- (4) MINGOTI, S. A. *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada – Uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- (5) PEREIRA, Elizabeth M. D., et al. Brazilian solar water heating systems. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HEATING, COOLING, AND BUILDINGS - EUROSUN 2008, 1., 2008, Lisbon, Portugal.
- (6) PEREIRA, Elizabeth M. D., et al. Avaliação de instalações de aquecimento solar no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2., 2008, Florianópolis.
- (7) PROCEL INFO. *Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética*. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 23 fev. 2011.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Marcelo José dos Santos

Nascido em Barbacena, MG, em 09 de agosto de 1977.

Doutor em Engenharia Elétrica (2008): COPPE/UFRJ, Mestre em Engenharia Elétrica (2002): UFJF e Bacharel em Engenharia Elétrica (2000): UFSJ.

Divisão de Eficiência Energética na Oferta da Eletrobras.

Emerson Salvador

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 24 de janeiro de 1975.

Mestrando em Engenharia da Energia: UNIFEI, Especialista em Uso Racional de Energia (2010): UNIFEI, MBA em Gestão de Projetos (2005): FGV/RJ e Bacharel em Engenharia Elétrica (2000): UERJ.

Gerente da Divisão de Eficiência Energética na Oferta da Eletrobras.

George Camargo dos Santos

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 08 de abril de 1977.

Mestre em Ciências em Engenharia Elétrica (2006): PEE-COPPE, Mestrando em Ciências em Engenharia da Energia: UNIFEI, Especialista em Uso Racional de Energia (2010): UNIFEI e Bacharel em Engenharia Elétrica (2002): DEE-UFRJ.

Divisão de Suporte ao Planejamento da Eletrobras.

Moisés Antonio dos Santos

Nascido em Mogi-Mirim, SP, em 09 de maio de 1976.

Mestrando em Engenharia da Energia: UNIFEI, Especialista em Uso Racional de Energia (2010): UNIFEI, MBA em Gestão de Negócios (2006): IBMEC/RJ e Bacharel em Engenharia Elétrica (2002): UNIFEI.

Divisão de Eficiência Energética na Oferta da Eletrobras.

Leonardo Nunes Alves da Silva

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 24 de março de 1983.

Mestrando em Engenharia da Energia: UNIFEI, Especialista em Uso Racional de Energia (2010): UNIFEI e Bacharel em Engenharia Elétrica (2007): DEE-UFRJ.

Divisão de Eficiência Energética na Oferta da Eletrobras.

Rafael Meirelles David

Nascido no Rio de Janeiro, RJ, em 07 de agosto de 1978.

Mestrando em Engenharia da Energia: UNIFEI, Especialista em Uso Racional de Energia (2010): UNIFEI, MBA em Gestão de Projetos (2005): FGV/RJ e Bacharel em Engenharia de Produção (2001): UFF.

Gerente da Divisão de Eficiência Energética em Equipamentos da Eletrobras.

Elizabeth Marques Duarte Pereira

Nascida em Belo Horizonte, MG, em 20 de janeiro de 1953.

Doutora em Química (1998): UFMG, Mestre em Engenharia Mecânica (1982): UFMG e Bacharel em Física (1974): UFMG.

Professora Adjunta do Centro Universitário UNA.