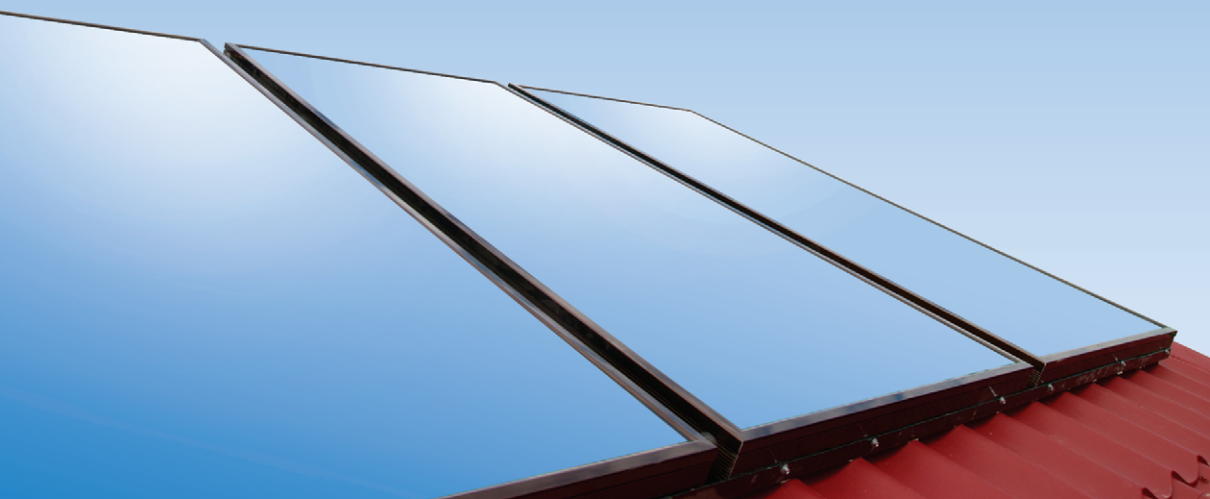


# Energia Solar

para aquecimento de água no Brasil

Contribuições da  
Eletrobras Procel  
e Parceiros



# Energia Solar

para aquecimento de água no Brasil

Contribuições da  
Eletrobras Procel  
e Parceiros

## **Organizadores**

Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos

Marcos Alexandre Couto Limberger



# Energia Solar

para aquecimento de água no Brasil

Contribuições da  
Eletrobras Procel  
e Parceiros

## **Organizadores**

Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos

Marcos Alexandre Couto Limberger

**Eletrobras Procel**

Rio de Janeiro - 2012

Copyright @ by Eletrobras Procel  
Direitos Reservados em 2012 por Eletrobras Procel

#### **Organização**

Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos – Eletrobras Procel  
Marcos Alexandre Couto Limberger – Eletrobras Procel

#### **Revisão Técnica: Eletrobras Procel**

Ana Lúcia dos Prazeres Costa  
Marcelo José dos Santos  
George Camargo dos Santos  
Rafael David Meirelles  
Emerson Salvador  
Rudney Espírito Santo  
José Luiz Grünewald Miglievich Leduc

#### **Edição e Consultoria editorial**

Júlio Santos - Ambiente Energia

#### **Revisão de Textos**

Luiz Antonio Cavalcanti

#### **Padronização de Textos**

Fábbio Lobo - Ambiente Energia

#### **Ficha Catalográfica**

Fernanda Maria Lobo da Fonseca - Ambiente Energia

#### **Programação Visual e Produção Gráfica**

Ana Beatriz Leta - Girasoli Soluções

#### **Capa**

Alexandre Bersot

#### **Apoio Gráfico**

Raphaël Paulo de Souza – Assessoria de Comunicação  
e Relacionamento com Imprensa (PGC) – Eletrobras

#### **Impressão**

J.Sholna

E393 Eletrobras Procel

Energia Solar para aquecimento de água no Brasil. Contribuições da Eletrobras Procel e Parceiros / Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos; Marcos Alexandre Couto Limberger (Organizadores). – Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012.  
240 p. : il.

ISBN 978-85-87083-31-9

1. Energia solar térmica – Brasil. 2. Energia sustentável. 3. Aquecimento solar.  
I. Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos, Organizador. II. Marcos Alexandre Couto Limberger, Organizador. III. Eletrobras Procel. IV. Título.

**Eletrobras** – Centrais Elétricas Brasileiras S/A

Avenida Presidente Vargas, 409 - 13º andar - Centro - Rio de Janeiro, RJ  
CEP: 20071-003 - Tel.: (21) 2514-5151

**Procel** – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Avenida Rio Branco, 53 - 20º andar - Centro - Rio de Janeiro, RJ  
CEP: 20090-004 - Tel.: (21) 2514-5907 - Fax: (21) 2514-6497  
www.procelinfo.com.br/procel@eletrobras.com

**À Elizabeth Marques Duarte Pereira,**  
*responsável pela inclusão de muitos  
na lida com a energia solar*

# Prefácio

Em 1992, o Rio de Janeiro sediou o evento que consagrou no mundo o conceito de desenvolvimento sustentável, a ECO-92 ou Rio-92, nomes pelos quais é mais conhecida a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento. Representantes de quase todos os países do mundo reuniram-se com o objetivo de buscar meios de conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação e a proteção dos ecossistemas da Terra.

A Conferência contribuiu para ampliar a conscientização de que os danos ao meio ambiente eram majoritariamente de responsabilidade dos países desenvolvidos, e reconheceu-se, ao mesmo tempo, a necessidade de os países em desenvolvimento receberem apoio financeiro e tecnológico para avançarem na direção do desenvolvimento sustentável.

Após duas décadas, neste ano de 2012, o Rio volta a ser cenário para um grande evento no contexto mundial, também organizado pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Conferência Rio+20, que tem como bandeiras: a “economia verde no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza” e o “quadro institucional para o desenvolvimento sustentável”.

Alinhado a essas diretrizes, o evento prevê o estabelecimento de pactos que estimulem verdadeiras mudanças nos padrões energéticos globais, entre os quais se destacam as três metas da ONU até 2030: (1) promover energia sustentável para todos (dos sete bilhões de seres humanos do planeta, 1,5 bilhão não têm acesso a energia elétrica e 1 bilhão têm acesso precário); (2) aumentar de 13% para 30% a participação das fontes renováveis na matriz energética mundial; e (3) aumentar a eficiência energética por meio da redução do índice de intensidade energética em 30%, ou seja, a quantidade de energia necessária para se gerar US\$ 1,00 de PIB.

Esses dados não refletem o cenário brasileiro. A universalização da energia já vem ocorrendo através de iniciativas do governo. A matriz energética brasileira é 50% composta de energia renovável, sendo que, quando observada apenas a matriz de energia elétrica, esse número aumenta para 80%. Na área de eficiência energética, o Brasil tem grande destaque, podendo-se dizer que é uma referência na América Latina.

Desde 1985, o país possui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), gerenciado pela Eletrobras, que tem como missão promover a eficiência energética, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população e para a eficácia dos bens e serviços, reduzindo os impactos ambientais. Ou seja, antes mesmo de aparecer a definição do termo “desenvolvimento sustentável” no Relatório Brundtland<sup>1</sup> (1987), o Brasil já entendia a necessidade da sustentabilidade.

Esse entendimento se traduz em fatos reais, como a economia de mais de 50 mil GWh, o que equivale a um consumo anual de 26 milhões de residências; a oferta constante ao consumidor de equipamentos mais eficientes por meio do Selo Procel Eletrobras; a conscientização de milhares de estudantes por meio do Procel Educação; bem como o aprimoramento da iluminação pública em centenas de municípios do país, entre outras ações. Em suma, a Eletrobras Procel, há 26 anos, traz para o mundo benefícios sociais, econômicos e ambientais, que são os três pilares do desenvolvimento sustentável.

Uma das áreas de atuação tem sido a de energia solar térmica como alternativa mais sustentável ao aquecimento de água, pois possibilita a redução da energia elétrica demandada para tal atividade (atualmente, no Brasil, o uso da eletricidade é predominante para este fim) e promove melhor aproveitamento desse tipo de energia (abundante em nosso país). Essa simples ação consciente e estratégica promove benefícios ambientais e econômicos para os consumidores e para o setor elétrico e implica também o alinhamento com as metas citadas da ONU.

Todo esse conhecimento adquirido na área, ao longo de mais de 25 anos, se deve também aos diversos parceiros agregados, instituições, profissionais e pesquisadores comprometidos e competentes que, juntos, acumularam uma grande massa de conhecimento, com base em muitas experiências. Essa publicação foi organizada visando compartilhar tudo isso.

Grandes fóruns são importantes para mobilizar o mundo em torno de assuntos que talvez não estivessem como prioridade nas agendas políticas das grandes nações,

<sup>1</sup> Relatório Brundtland é o documento intitulado Nosso Futuro Comum (Our Common Future), publicado em 1987. Nesse documento, o desenvolvimento sustentável é concebido como: “o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.” O Relatório, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, faz parte de uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21, as quais reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. O relatório aponta para a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes. (Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio\\_Brundtland](http://pt.wikipedia.org/wiki/Relat%C3%B3rio_Brundtland), acesso em 16 de janeiro de 2012)



mas, somente tomando como base as ações mencionadas nesta publicação, podemos afirmar que o Brasil é um exemplo de que não é necessário um pacto global para que iniciativas que visam ao desenvolvimento sustentável aconteçam. Elas devem se dar de acordo com as possibilidades de cada país, instituição ou indivíduo.

Da Eco-92 à Rio+20, isto é, após duas décadas, pode-se dizer que a lição mais marcante é a de que, por mais audaciosos que sejam os planos traçados, a sustentabilidade acontece no dia a dia, do local para o global, assim como o combate ao desperdício de energia: é dentro de casa que se começa!

Por fim, o ano de 2012 é também um ano especial para nós, colaboradores da Eletrobras e agentes do setor elétrico: nossa empresa completa, em 11 de junho, 50 anos de produtiva existência. Responsável, no cenário nacional, por 37% da geração elétrica, 57% do total das linhas de transmissão e liderando um sistema composto por 12 subsidiárias, um centro de pesquisas, uma empresa de participações, além da metade do capital de Itaipu Binacional, a Eletrobras pretende ser, em 2020, o maior sistema empresarial global de energia limpa, demonstrando solidamente nossa preocupação e alinhamento com o contexto atual de sustentabilidade.

Esperamos que as experiências aqui relatadas possam subsidiar outros trabalhos e estudos, estimular ações pioneiras, inspirar novos agentes, para que, na próxima década, muitas outras experiências de sucesso sejam publicadas no país.

**José da Costa Carvalho Neto**

*Presidente da Eletrobras*

# Apresentação

A presente obra consolida as contribuições realizadas ao longo dos últimos anos pela Eletrobras Procel em conjunto com seus parceiros, procurando disseminar e desenvolver, sempre da forma mais eficiente, o aquecimento solar de baixa temperatura no Brasil.

Este livro reúne o conhecimento que estava disposto em projetos, relatórios e outros materiais – alguns elaborados em função desta publicação. Com isso, busca compartilhá-lo com todos os interessados no assunto, que, além de passarem a possuir uma fonte de consulta, têm a oportunidade de compreender o contexto e a grandiosidade dos esforços e trabalhos realizados.

Sua publicação foi possível devido ao comprometimento desses parceiros, que, quando solicitados, entenderam a necessidade e a importância de se realizar esse registro, e ao apoio da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, que colaborou com sua edição.

O **capítulo 1** começa com um breve histórico do fomento da tecnologia de aquecimento solar no Brasil, datada da década de 1970, e como o mercado foi se comportando ao longo dos anos pela ação de seus principais atores, com a criação de empresas, de associação, de políticas públicas de fomento e normalização. Neste cenário inicial, é dado um destaque especial à cidade de Belo Horizonte (MG) pela formação do Grupo BH Solar.

No **capítulo 2**, o texto traça um panorama mundial e nacional da atual situação dos meios para aquecimento de água de uso doméstico. Essa caracterização é embasada, principalmente, em dados providos da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (Eletrobras Procel, 2007).

O **capítulo 3** apresenta informações sobre o mercado europeu, relatando brevemente algumas ações de fomento realizadas na Áustria, Grécia, Espanha e França. É dado um destaque à Alemanha, uma das referências mundiais nesse setor.

O **capítulo 4** apresenta o Selo Procel Eletrobras e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenados, respectivamente, pela Eletrobras Procel e pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro). São elencadas as ações realizadas, de forma a fomentar o mercado e melhorar o desempenho dos sistemas de aquecimento solar de água (SAS), e abordados alguns dos resultados obtidos, como a evolução da produção de energia específica por coletor e a redução das perdas nos reservatórios.

A metodologia de avaliação dos impactos energéticos do Selo Procel Eletrobras em SAS é demonstrada no **capítulo 5**. Os resultados são expressos em termos de economia de energia e redução de demanda no horário de ponta.

No **capítulo 6**, faz-se uma análise do aproveitamento da energia solar térmica na classe residencial sob diferentes pontos de vista: pelas Leis da Termodinâmica e pela redução do consumo de energia elétrica.

O **capítulo 7** apresenta um estudo, do ponto de vista da concessionária de distribuição de energia elétrica, comparando os custos de aquisição e instalação de SAS com os de expansão do sistema elétrico e, por fim, relata os benefícios resultantes.

Após essa contextualização teórica das vantagens da utilização de SAS, o **capítulo 8** aborda um estudo, implementado no município de Contagem (MG) pela Eletrobras Procel e pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), que contemplou a instalação de aquecedores solares em uma comunidade de baixa renda com monitoramento posterior, de forma a comparar e avaliar a utilização desses sistemas por um período de cinco anos. Após 10 anos, em outubro de 2011, a equipe técnica retornou à localidade para verificar a situação das instalações.

Ampliando o horizonte de pesquisas em SAS para o cenário nacional, a Eletrobras Procel realizou – em parceria com PUC Minas, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), Universidade de Brasília (UnB), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade Estadual Paulista (Unesp - Botucatu) e Universidade Federal do Pará (UFPA) – um estudo pioneiro para avaliar a situação real dessas instalações para finalidade de banho e piscina nas classes residencial e industrial, e no setor de serviços. Informações gerais a respeito de como o estudo foi realizado, quais as variáveis consideradas, como os pesquisadores foram capacitados, como os dados foram coletados e analisados são encontradas no **capítulo 9**.

Como o estudo foi subdividido conforme a tipologia de uso final, os textos seguintes abordam de forma detalhada seus resultados – **9.1:** habitações populares; **9.2:** condomínios verticais; **9.3:** piscinas; **9.4:** hotéis e pousadas; **9.5:** hospitais; e **9.6:** residências de média e alta renda. Um balanço geral dessa avaliação, abordando os principais resultados e percepções, bem como os potenciais de melhoria detectados, estão sintetizados em linhas gerais na seção **9.7**.

Esse estudo ficou conhecido como Avaliação de Sistemas de Aquecimento Solar, e seus resultados ajudaram a fortalecer e formular novas políticas governamentais.

O **capítulo 10** relata brevemente as ações na área de energia solar térmica que estão sendo incentivadas por importantes agentes públicos fomentadores dessa tecnologia. Um maior detalhamento é apresentado nos textos subsequentes:

**10.1** - Plano Nacional do Ministério de Meio Ambiente (MMA), que consiste na organização de linhas de atuação consideradas prioritárias para se alcançar a meta de 15 milhões de m<sup>2</sup> de SAS instalados no país até 2015, permitindo a sinergia entre diversos agentes, e que conta, de forma significativa, com a participação da Eletrobras Procel;

**10.2** - Rede Eletrobras Procel Solar, lançada em 2011, com o objetivo de disseminação dos programas de capacitação e para desenvolvimento e fomento de novos temas de pesquisa, em especial programas de monitoramento, visando também ao fortalecimento do mercado e seus agentes;

**10.3** - Programa Minha Casa Minha Vida, criado pelo governo federal em 2009 e executado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA), que tem o objetivo de financiar habitações destinadas às famílias com renda de até 10 salários mínimos. A partir de 2011, a instalação de SAS em residências unifamiliares tornou-se obrigatória no âmbito do Programa, e a Eletrobras Procel coordenará o monitoramento energético.

Em **Conclusões e Perspectivas**, são sintetizadas as principais ações conjuntas realizadas pela Eletrobras Procel e seus parceiros ao longo dos anos, relatadas nos capítulos anteriores. O fechamento também destaca a continuidade e os próximos passos das ações que se encontram em andamento, motivadas principalmente pelos benefícios apresentados a partir do melhor aproveitamento da energia solar e pela renovação do compromisso dos líderes mundiais com o desenvolvimento sustentável, que poderá ser observada neste ano de 2012 com a realização da Conferência Rio+20.

# Sumário

<b>1</b>	<b>Aquecimento Solar: panorama da evolução do mercado.....</b>	<b>15</b>
	Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Samoel Vieira de Souza <i>Abrava</i> Sérgio Mariano da Silva <i>BH Solar</i>	
<b>2</b>	<b>Aquecimento de água para banho no Brasil .....</b>	<b>27</b>
	Reinaldo Castro Souza <i>PUC-Rio</i> Emerson Salvador <i>Eletrobras Procel</i> Márcio Vargas Lomelino <i>Eletrobras Procel</i>	
<b>3</b>	<b>Alemanha e outras experiências no uso da energia solar térmica.....</b>	<b>35</b>
	Andreas Nieters <i>GIZ</i> Jan Knaack <i>BSW</i> Delcio Rodrigues <i>Vitae Civilis - Ekos Brasil</i>	
<b>4</b>	<b>Contribuições do Selo Procel Eletrobras e da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia..</b>	<b>47</b>
	Rafael Meirellés David <i>Eletrobras Procel</i> Marcos André Borges <i>Inmetro</i> Douglas Messina <i>IPY-SP</i>	
<b>5</b>	<b>Metodologia de avaliação e resultados do Selo Procel Eletrobras .....</b>	<b>57</b>
	Luiz Augusto Horta Nogueira <i>Unifei - Excen</i> Rafael Balbino Cardoso <i>Unifei - Itabira</i> Moisés Antônio dos Santos <i>Eletrobras Procel</i>	
<b>6</b>	<b>Aquecimento solar como medida de eficiência energética .....</b>	<b>71</b>
	Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i>	
<b>7</b>	<b>Análise do impacto do uso do aquecimento solar para o setor elétrico .....</b>	<b>77</b>
	Ary Vaz Pinto Junior <i>Cepel</i> José Carlos de Souza Guedes <i>PUC-Rio</i>	
<b>8</b>	<b>Contagem +10: experiência em comunidade de baixa renda .....</b>	<b>89</b>
	Jane Tassinari Fantinelli <i>NIPE - Unicamp</i> Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i>	
<b>9</b>	<b>Diagnóstico nacional: avaliação de instalações de aquecimento solar .....</b>	<b>109</b>
	Emerson Salvador <i>Eletrobras Procel</i> Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Jane Tassinari Fantinelli <i>NIPE - Unicamp</i> Luciana Penha de Carvalho <i>Vert</i>	
<b>9.1</b>	<b>Aquecimento solar em habitações populares.....</b>	<b>117</b>
	Marcelo José dos Santos <i>Eletrobras Procel</i> Emerson Salvador <i>Eletrobras Procel</i> George Camargo dos Santos <i>Eletrobras Procel</i> Leonardo Nunes Alves da Silva <i>Eletrobras Procel</i>	

<b>9.2</b> Aquecimento solar central em condomínios verticais.....	<b>125</b>
Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Alexandre Salomão de Andrade <i>PUC Minas</i> Luciana Penha de Carvalho <i>Vert</i>	
<b>9.3</b> Aquecimento solar em piscinas.....	<b>145</b>
Taygoara Felamingo de Oliveira <i>UnB</i> João Ernesto Rios <i>UnB</i>	
<b>9.4</b> Aquecimento solar em hotéis e pousadas.....	<b>155</b>
Marilda Ferreira Guimarães <i>IFBA</i>	
<b>9.5</b> Aquecimento solar em hospitais.....	<b>167</b>
João Tavares Pinho <i>UFPA</i> Wilson Negrão Macedo <i>UFPA</i>	
<b>9.6</b> Aquecimento solar em residências de média e alta renda .....	<b>175</b>
José Tomaz Vieira Pereira <i>Unicamp</i> Jane Tassinari Fantinelli <i>NIPE - Unicamp</i>	
<b>9.7</b> Balanço do Diagnóstico Nacional.....	<b>191</b>
Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Luciana Penha de Carvalho <i>Vert</i> Jane Tassinari Fantinelli <i>NIPE - Unicamp</i>	
<b>10</b> Solar hoje: panorama de iniciativas e políticas públicas .....	<b>195</b>
Eliziane Gonçalves Arreguy <i>Centro Universitário UNA</i> Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Emerson Salvador <i>Eletrobras Procel</i>	
<b>10.1</b> Plano Nacional: estratégia para disseminar a tecnologia no Brasil .....	<b>197</b>
Ana Lucia Lima Barros Dolabella <i>Ministério do Meio Ambiente</i> Eduardo Delgado Assad <i>Ministério do Meio Ambiente</i>	
<b>10.2</b> Rede Eletrobras Procel Solar: foco em pesquisa e capacitação .....	<b>207</b>
Emerson Salvador <i>Eletrobras Procel</i> Karla Kwiatkowski Lepetitgaland <i>Eletrobras Procel</i> Elizabeth Marques Duarte Pereira <i>Centro Universitário UNA</i> Eliziane Gonçalves Arreguy <i>Centro Universitário UNA</i>	
<b>10.3</b> Programa Minha Casa Minha Vida: alternativa energética de interesse social.....	<b>215</b>
Mara Luísa Alvim Motta <i>Caixa Econômica Federal</i> Luciana Penha de Carvalho <i>Vert</i>	
Conclusões e Perspectivas .....	<b>225</b>
Minicurriculos dos Autores.....	<b>230</b>



# Aquecimento solar: panorama da evolução do mercado

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Samoel Vieira de Souza** *Abrava*

**Sérgio Mariano da Silva** *BH Solar*

Além de traçar uma rápida evolução histórica do uso de sistemas de aquecimento solar de água (SAS) a partir dos anos 1970, o capítulo apresenta um panorama da utilização desta tecnologia no mundo e no mercado brasileiro, mostrando ainda a experiência do projeto BH Solar, em Belo Horizonte (MG), considerada a capital nacional do aquecimento solar.



## Introdução

O mercado brasileiro de aquecimento solar teve início nos anos 1970, a exemplo de outros países, impulsionado pela crise do petróleo, sendo, à época, caracterizado por uma grande dose de idealismo por parte de seus empreendedores. As primeiras empresas brasileiras do setor de equipamentos para aquecimento solar de água a entrarem em operação foram a Tuma Industrial (1971), a Pantho (1976) e a Colsol (1976). Essas três empresas estão ativas até hoje, sendo as duas primeiras localizadas em Belo Horizonte (MG), e a terceira, em Indaiatuba (SP).

A partir dos anos 1980, apesar de taxas relativamente baixas de crescimento do segmento, constata-se maior especialização no setor com o surgimento de novas empresas destinadas exclusivamente ao aquecimento solar de água. Na década seguinte, o crescimento do mercado ocorreu a taxas mais significativas, sendo acompanhado de maior profissionalização, desenvolvimento técnico e comercial e da criação de um departamento próprio, o Departamento Nacional de Aquecimento Solar (Dasol), na Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava).

Nessas décadas, foram fundadas importantes empresas nacionais: Soletrol (1981), Transen (1987) e Heliotek (1989), todas no estado de São Paulo. Outras empresas podem ser consideradas como exemplos de fábricas de aquecedores elétricos e a gás, como a Cumulus, em Guarulhos (SP), e a JMS, em Contagem (MG).

Diante desse cenário visualizou-se a necessidade de implantação, em 1997, do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de Coletores Solares Planos, resultante de um esforço conjunto do governo brasileiro, representado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), da Eletrobras Procel, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e da Abrava. Em sua primeira fase, participaram apenas oito empresas de Minas Gerais e São Paulo.

De forma a fomentar maior eficiência energética aos equipamentos, no ano 2000, a Eletrobras Procel passou a conceder o Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia a essa categoria. No final de 2009, o mercado brasileiro de coletores<sup>1</sup> era constituído por 59 empresas com 239 produtos etiquetados, cuja distribuição

<sup>1</sup> Pesquisa realizada no site do Inmetro em 18/04/2012 mostra que 295 produtos constam da Tabela de Eficiência Energética - Coletores Solares, sendo 203 coletores para aplicação banho, 90 para aplicação piscina e dois sistemas acoplados.

regional é mostrada na figura 1.1. Verifica-se que o papel de destaque dos estados de Minas Gerais e de São Paulo permanece até os dias atuais.

Segundo a Abrava, deve-se ainda destacar que apenas 33 fabricantes são filiados ao Dasol/Abrava, que representa cerca de 65% da área instalada de coletores solares no Brasil. A certificação de seus produtos é um critério obrigatório para admissão da empresa na associação.



Figura 1.1 • Distribuição regional das empresas fabricantes participantes do PBE

## Situação hoje: panorama mundial da energia solar térmica

O mercado mundial de aquecedores solares começou a crescer a partir da década de 1970, mas expandiu-se significativamente durante a década de 1990 e, como resultado deste crescimento, houve um incremento substancial de aplicações da tecnologia solar térmica, da qualidade e confiabilidade e de modelos de produtos disponíveis.

Para estabelecer critérios de comparação entre o sistema de aquecimento solar e as demais fontes de energia, por iniciativa da International Energy Agency (IEA) e Solar Heating and Cooling Program (SHC), foi amplamente discutido um fator de conversão, sendo adotado:

$$1\text{m}^2 \longrightarrow 0,7 \text{ kW}_{\text{th}}$$

A tabela 1.1, com base em 2009, mostra a distribuição regional do mercado internacional da energia solar térmica. A capacidade instalada atingiu 172,4 GW<sub>th</sub>,

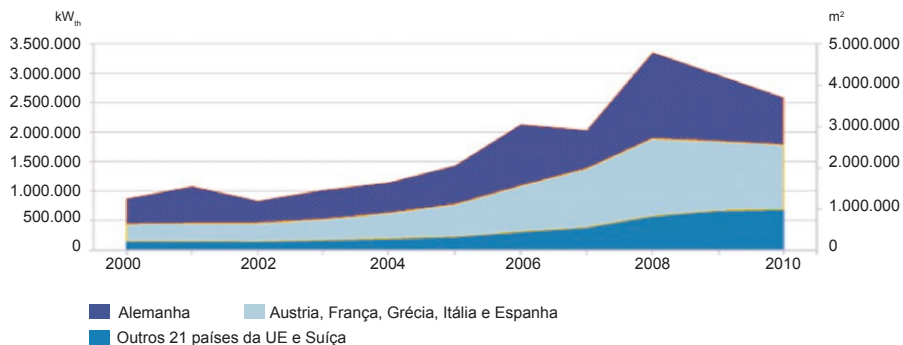
valor que corresponde a uma área de coletores solares da ordem de 246,3 milhões de metros quadrados.

**Tabela 1.1 • Distribuição do mercado mundial de coletores solares**  
(Weiss e Mauthner, 2011)

Mercados	Capacidade Instalada (GW <sub>th</sub> )	Área Instalada (x 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> )	Participação Percentual
China	101,5	145	58,9%
Europa	32,5	46,4	18,9%
USA e Canadá	15	21,4	8,7%
Austrália e Nova Zelândia	5,2	7,4	3,0%
Américas Central e do Sul	4,7	6,7	2,7%
Ásia	4,6	6,6	2,7%
Oriente Médio	3,5	5	2,0%
África	1,1	1,6	0,6%
Japão	4,3	6,1	2,5%
<b>Total</b>	<b>172,4</b>	<b>246,2</b>	<b>100,0%</b>

No caso das Américas Central e do Sul, o Brasil tem papel de destaque, seguido pelo México. Segundo a Abrava, e considerando-se o mesmo ano-base (2009), o Brasil tinha cerca de 5,2 milhões de m<sup>2</sup> instalados, correspondendo a 77,6% da área total de coletores da região.

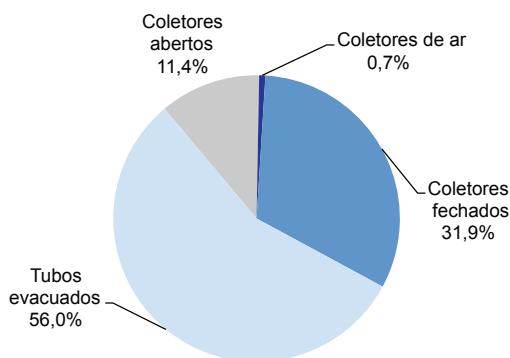
A China, outros países da Europa, os Estados Unidos e o Canadá respondem juntos por 86,4% do mercado mundial. Entretanto, segundo dados da European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF, 2011), mostrados no gráfico 1.1, o mercado europeu apresentou uma queda importante no caso dos coletores fechados (categoria banho), no biênio 2009-2010.



**Gráfico 1.1 • Evolução dos mercados europeu e suíço de coletores solares fechados**  
(ESTIF, 2011)

Essa queda no mercado europeu é atribuída à desaceleração do mercado alemão de 23% (2009) e de 29% (2010), resultado de indecisões geradas em relação ao programa de incentivos alemão “Marktanzreizprogramm (MAP)”. A essa causa, somam-se o colapso do setor da construção civil, a redução de preços dos combustíveis fósseis e competição das demais fontes renováveis.

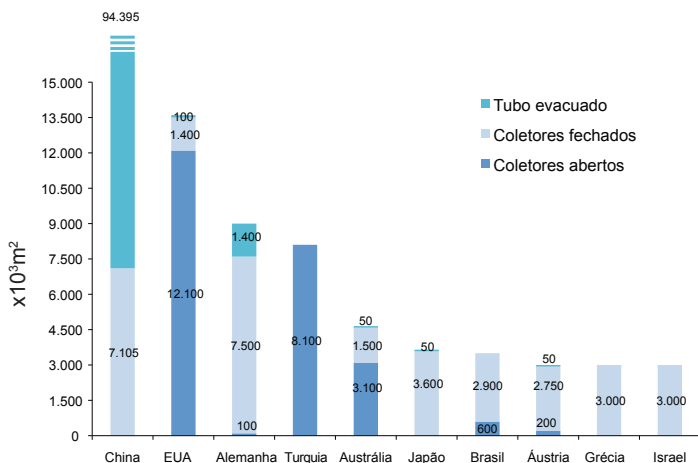
De um modo geral, a desagregação do mercado por tecnologia solar térmica define coletores planos (fechados), tubo evacuado e de ar (de ambiente) para aquecimento de água, e coletores abertos para aquecimento de piscinas, conforme gráfico 1.2.



**Gráfico 1.2** • Participação de cada tipo de coletor no mercado internacional de coletores solares (Adaptado de Weiss e Mauthner, 2011)

Os coletores fechados para banho recebem essa designação, pois todos os seus componentes, como placa absorvedora e tubos de distribuição de água, são depositados em uma caixa com isolamento em sua face posterior e com cobertura transparente que garante a incidência dos raios solares, impedindo a entrada de umidade. Os coletores abertos para aquecimento de piscina são normalmente de material polimérico e não possuem a cobertura transparente e o isolamento em sua face posterior.

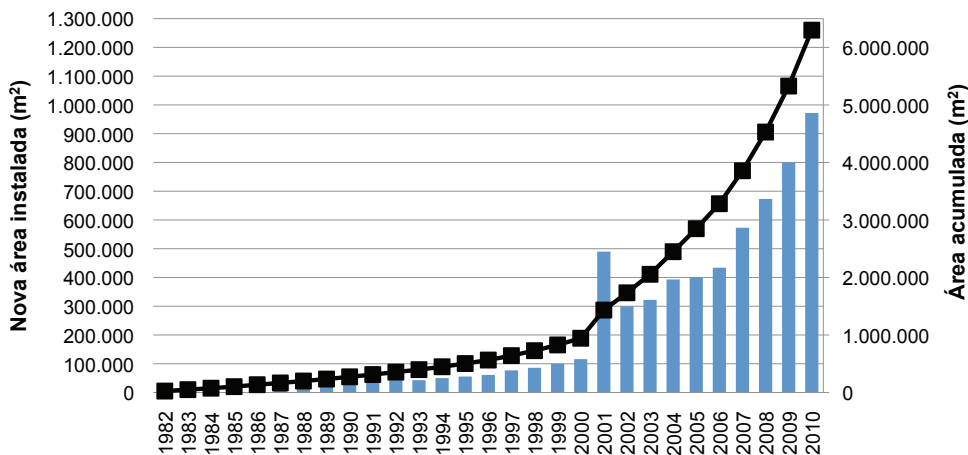
O mercado chinês tem uma participação expressiva dos coletores de tubo a vácuo, enquanto o aquecimento de piscina domina os mercados americano e australiano. Segundo dados de Sherwood (2011), o uso de coletores abertos nos Estados Unidos cresceu 13% em 2010 (gráfico 1.3).



**Gráfico 1.3** • Capacidade instalada por tipo de coletor nos 10 países líderes em energia solar térmica (Weiss e Mauthner, 2011)

## Panorama brasileiro da energia solar

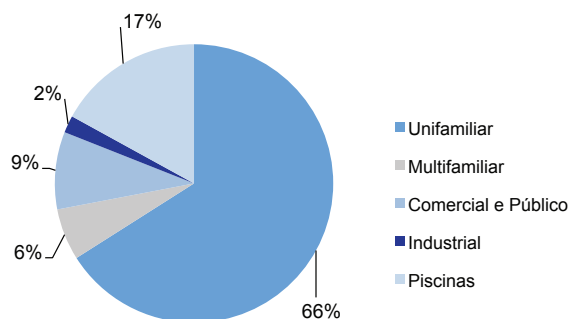
O gráfico 1.4 mostra a evolução do mercado brasileiro de aquecimento solar nos últimos anos, confirmando um crescimento sólido da ordem de 20% ao ano.



**Gráfico 1.4** • Evolução do mercado brasileiro de aquecedores solares (Abrava, 2011<sup>2</sup>)

A distribuição percentual da área de coletores instalada no país e desagregada por setor é mostrada no gráfico 1.5.

<sup>2</sup> A Abrava divulgou em março de 2012 que o mercado de aquecimento solar cresceu 6,5% em 2011. Foram produzidos 1,029 milhão de m<sup>2</sup> de coletores solares, elevando a área instalada no Brasil para 7,31 milhões de m<sup>2</sup>. Fonte: sítio Revista Fator ([www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=197900](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=197900))



**Gráfico 1.5** • Distribuição percentual do uso do aquecimento solar por setor (Abrava, 2010)

A classe residencial perfaz 72% da área total de coletores solares, destinados para banho, instalada no país, sendo 66% instalados em unidades unifamiliares e 6%, em edifícios, com sistemas de aquecimento central. Nos últimos anos, o uso do aquecimento solar em habitações de interesse social ganhou impulso devido aos programas de eficiência energética, supervisionados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), e ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), do governo federal, que passou a ser obrigatório a partir de 2011 para residências unifamiliares.

A aplicação do aquecimento solar na classe industrial é modesta no Brasil, representando apenas 2% da área coletora total instalada, embora, na maioria dos casos, a água aquecida se destine a vestiários e refeitórios, ou seja, de uso similar ao residencial (Abrava, 2010). As figuras 1.2 - a,b mostram os sistemas de aquecimento solar da Mannesmann, em Minas Gerais, e da Fábrica da Natura, em Cajamar (SP).



(a) Mannesmann



(b) Natura

**Figura 1.2 - a,b** • Exemplos do uso do aquecimento solar em indústrias (Agência Energia, 2011) e (E2Solar, 2010)

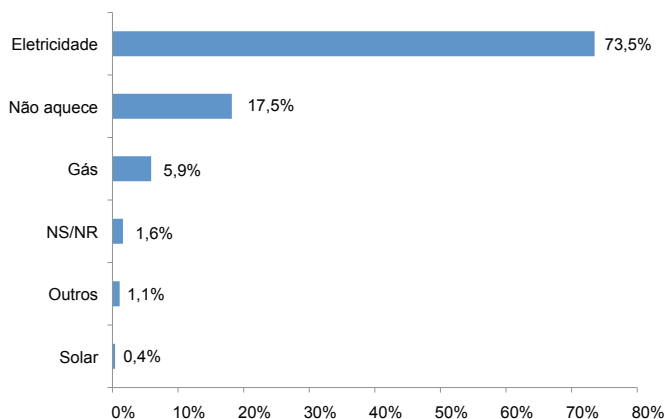
No Brasil, o setor de serviços (comercial e público) responde por 9% da área total de coletores solares instalados no país. A figura 1.3 ilustra uma instalação de aquecimento solar inovadora, pois utiliza como fonte complementar de energia o calor residual dos *chillers* de refrigeração.

Entretanto, apesar de se considerarem os fatos citados como indicadores da maturidade do mercado

nacional de aquecimento solar, o fator de penetração dessa tecnologia nas residências brasileiras é praticamente insignificante. Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (Eletrobras Procel, 2007), este fator é de apenas 0,4%, conforme pode ser observado no gráfico 1.6.



**Figura 1.3** • Aplicação do aquecimento solar em hospital em Belo Horizonte



**Gráfico 1.6** • Fonte de energia utilizada para aquecimento de água para banho (Eletrobras Procel, 2007)

Deve-se, ainda, destacar os resultados da Avaliação de Sistemas de Aquecimento Solar no Brasil, que indicaram a necessidade de estudos e projetos para desenvolvimento de:

1. metodologias para aperfeiçoamento de procedimentos de medição e verificação, adequando-se às diretrizes do Protocolo Internacional de Medição e Verificação;
2. melhoria da qualidade das instalações de aquecimento solar e de seus componentes, com vista a garantir os níveis de eficiência requeridos durante sua vida útil;

3. programas efetivos de capacitação de profissionais, visando sua qualificação em toda a cadeia produtiva, envolvendo universidades e centros tecnológicos nas cinco regiões brasileiras;

4. projetos para redução de custos dos componentes das instalações de aquecimento solar sem comprometimento de sua eficiência e durabilidade.

Busca-se, dessa forma, definir ações estruturantes e articuladas de modo a vencer as atuais barreiras tecnológicas e comerciais, tornando o aquecimento solar de água para fins sanitários, ou seja, com níveis de temperatura inferiores a 80° C, uma alternativa democrática e eficiente para a população brasileira.

O aquecimento solar de água promove uma economia efetiva de energia para o consumidor final, quando são adotadas as boas práticas de projeto, dimensionamento e instalação, além de reduzir a ponta de demanda de energia elétrica.

Vale lembrar que ações para desenvolvimento e melhor aproveitamento da energia solar estão em sintonia com as diretrizes energéticas do Ministério de Minas e Energia (MME) voltadas a ações na área de eficiência energética de forma a promover, até 2030, uma redução de 10% do consumo final de energia elétrica.

Em adição, destaca-se que, devido à natureza descentralizada da tecnologia solar térmica, pode ser criado um grande número de novos empregos, notadamente em empresas de micro, pequeno e médio portes.

De forma geral, as características e atributos que justificam o desenvolvimento de ações nessa vertente podem ser assim sumarizados:

### **Referentes aos programas de eficiência energética:**

- a) promove a economia de energia nos diversos estados da federação, integrando-a no contexto dos programas de uso eficiente da energia;
- b) oferece oportunidades para criação de polos industriais destinados à produção de materiais e equipamentos, voltados para energia solar térmica;
- c) estimula a elaboração de estudos e pesquisas para promover a redução do custo da energia produzida pela instalação solar térmica a partir do desenvolvimento de novos produtos e de novos mercados, e do aprimoramento dos produtos existentes como das classes média, média baixa e baixa renda, a partir da introdução de novas práticas que visem à correção de problemas técnicos de projeto, instalação, operação e manutenção;



- d) busca promover ações coordenadas de divulgação e marketing da tecnologia de aquecimento solar;
- e) promove a diversificação da matriz energética brasileira.

#### **Referentes à energia solar:**

- a) oferece um grande potencial energético a ser aproveitado, pois se trata de energia renovável disponível em um país de dimensões continentais e de localização privilegiada;
- b) permite a criação de grande número de empregos diretos e indiretos;
- c) pode ser utilizada como um instrumento para a promoção da eficiência energética nos diversos estados, integrando-a no contexto dos programas de uso eficiente da energia.

#### **Referentes ao sistema solar térmico:**

- a) oferece vantagens para o usuário e para o país, gerando economia para ambos e, conseqüentemente, menores investimentos em geração e transmissão de energia;
- b) apresenta baixo custo de manutenção, vida útil elevada (em torno de 15 anos) e um atrativo retorno do capital investido, dependendo do tipo de estabelecimento e condições de financiamento.

## **O BH Solar**

Belo Horizonte é, muitas vezes, citada como a capital nacional do aquecimento solar, referência ao grande número dessas instalações de uso coletivo, ao número de fabricantes locais e à capacidade de prestação de serviços e geração de conhecimento na área. Essa posição foi alcançada pelo alinhamento de diversos fatores e atores, entre eles, o fato de as empresas fabricantes contarem com investimentos da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e apoio técnico do setor acadêmico, por meio de ações de capacitação de recursos humanos, desenvolvimento de projetos de pesquisa, ensaios de equipamentos e simulação de uso de sistemas solares térmicos.

Em 2000, na cidade de Belo Horizonte, foi formado o Grupo BH Solar ([www.bhsolar.com.br](http://www.bhsolar.com.br)) que congrega atualmente quatro fabricantes locais e uma empresa de projeto

de instalações de aquecimento solar de médio e grande portes, trabalhando em favor do fomento do uso da energia solar e da preservação da qualidade e da eficiência dos equipamentos através de um mecanismo de garantia solidária, também inédita no país. Dessa forma, o que é vendido por uma empresa é garantido pelas demais, o que certamente contribui para manter em nível elevado a confiabilidade da tecnologia no estado.

As empresas participantes respondem por 22% do mercado nacional e 85% do mercado mineiro, sendo responsáveis por mais de 50.000 instalações prediais de diferentes portes e aplicações, gerando ainda 700 empregos diretos.

Em Belo Horizonte, desenvolveu-se também tecnologia e cultura muito próprias com relação ao aquecimento solar, de modo que a cidade conta hoje com mais de 2.600 edifícios residenciais equipados com sistemas centrais de aquecimento solar de água, que representam um grande diferencial da tecnologia mineira: milhares de litros de água aquecidos por um único sistema.

O governo estadual participa ativamente, incentivando a disseminação da tecnologia. Não se constroem casas populares, através da Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais (Cohab-MG), que não sejam dotadas de aquecedor solar. Só em 2009, foram mais de 15.000 casas contempladas. De maneira semelhante, hospitais, asilos, creches e casas de repouso vinculadas ao governo estadual e aquelas com fins filantrópicos vêm sendo sistematicamente adaptadas e recebendo o equipamento.

Destaca-se ainda o programa Energia do Bem, lançado em maio de 2010, que já contemplou com aquecedores solares um total de 475 asilos e casas de repouso para idosos.

## Conclusões

Os benefícios decorrentes de quaisquer ações de eficiência energética podem, grosso modo, ser avaliados sob três óticas: do consumidor ou usuário final, que economiza energia elétrica, com a consequente redução de sua despesa com esse item; do setor energético, que posterga investimentos, em função da redução da taxa de crescimento do consumo e demanda; e, por fim, a da sociedade, que se beneficia com tarifas médias mais baixas e menor impacto ambiental.

O Brasil conta com uma razoável rede de fabricantes e fornecedores de equipamentos solares. A garantia dos padrões de confiabilidade, durabilidade e desempenho dos produtos é dada pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e pelo Selo Procel Eletrobras.

Diante das considerações até aqui apresentadas, infere-se que, sob a perspectiva do desenvolvimento sustentável, a tecnologia solar térmica pode ser um elemento de grande contribuição para o uso eficiente de energia; a geração de emprego e renda; e a proteção do clima do planeta, viabilizando programas e projetos coerentes com os princípios de sustentabilidade ambiental, econômica e social.

A experiência da Eletrobras e seus parceiros permite concluir que uma política de incentivo ao aquecimento solar deve abranger: criação de modelos de sustentabilidade para atendimento às habitações de interesse social, formação descentralizada de recursos humanos, legislação apropriada, linhas de financiamento, desenvolvimento e adoção de rotinas padronizadas de dimensionamento para aplicações específicas, criação de cadernos de recomendações para recebimento de instalações e acompanhamento da operação e manutenção, entre outras medidas. Tais políticas e ações de incentivo devem ser adequadas às necessidades de cada região do país.

## Referências

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado Ventilação e Aquecimento. **Apresentação: O Sistema de Aquecimento Solar e a Realidade Energética (Fatos e Oportunidades)**. Marcelo Mesquita, 2010.

\_\_\_\_\_. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado Ventilação e Aquecimento. Notícias Abrava. In.: **Revista Abrava**, Edição 291, Maio 2011, p. 27. Disponível em: <<http://www.newsflip.com.br/pub/revistasol//index.jsp?edicao=1926>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2012.

AGÊNCIA Energia. Disponível em: <[http://www.agenciaenergia.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=589&Itemid=57](http://www.agenciaenergia.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=589&Itemid=57)>. Acesso em: 8 de março de 2012.

ELETOBRAS 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. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

ESTIF. European Solar Thermal Industry Federation. **Solar thermal markets in Europe trends and market statistics 2010**, June 2011, p. 4. Disponível em:< [http://www.estif.org/press/estif\\_press\\_releases](http://www.estif.org/press/estif_press_releases)>. Acesso em: 01 de dezembro de 2011

SHERWOOD, L. **US solar market trends 2010**. Interstate Renewable Energy Council, June 2011.

WEISS,W., MAUTHNER F. **Solar heat worldwide**: markets and contribution to the energy supply 2009. IEA Solar Heating and Cooling Programme, May 2011.

## Aquecimento de água para banho no Brasil

**Reinaldo Castro Souza** *PUC-Rio*

**Emerson Salvador** *Eletrobras Procel*

**Márcio Vargas Lomelino** *Eletrobras Procel*

O capítulo traça um panorama sobre o aquecimento de água para banho no Brasil, incluindo as fontes energéticas usadas para este fim, com base na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH), realizada em 2005 e publicada em 2007. A pesquisa subsidia o planejamento do setor elétrico, permite definir linhas de ações da Eletrobras Procel e fornece dados para estratégias de fabricantes sobre a tendência de posse de equipamentos.

## Introdução

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) foi criado em dezembro de 1985 pelo governo brasileiro, e a Eletrobras, empresa estatal de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, que atua em todo território nacional, foi escolhida como a responsável pela implementação deste Programa, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME). Seu objetivo é promover o uso eficiente da energia elétrica a fim de eliminar desperdícios e reduzir os custos e os investimentos setoriais.

A Eletrobras Procel desenvolve diversas atividades, atuando por meio de sub-programas que são direcionados para as áreas residencial, comercial, industrial, educação, saneamento e iluminação pública, entre outros. Desde 2001, devido ao *déficit* de abastecimento de energia elétrica, as ações da Eletrobras Procel vêm obtendo grande destaque. Essas atividades são estruturadas tendo como base uma ampla Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH), que é realizada periodicamente.

Os resultados dessas pesquisas, além de subsidiarem o planejamento do setor elétrico brasileiro, permitem definir as linhas de atuação prioritária da Eletrobras Procel, estimar os respectivos resultados e fornecer, em última instância, informações estratégicas aos fabricantes a respeito da evolução dos indicadores de posse dos equipamentos presentes nos lares brasileiros. Com uma periodicidade regular, pode-se obter estimativas dessas tendências e monitorar o crescimento do mercado de usos finais. Nesse sentido, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) regulamentou a exigência de realização de PPHs a cada duas revisões tarifárias. Com isto, será possível obter estimativas mais acuradas dessas tendências a cada oito anos.

A PPH mais recente, realizada em 2005 e publicada em 2007, faz parte do Projeto de Eficiência Energética, fruto do contrato assinado entre a Eletrobras e o Banco Mundial, este funcionando como instituição de repasse dos recursos doados pelo Global Environment Facility (GEF) ao governo brasileiro.

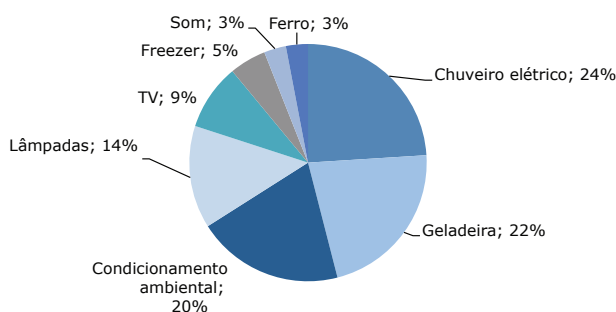
A pesquisa foi realizada em instalações atendidas em alta e baixa tensão, sendo, esta última, realizada pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), sob a coordenação da Eletrobras. A pesquisa admitiu para as estimativas populacionais de todo o Brasil um erro máximo de 1,5% para um intervalo de con-

fiança de 95%. No total, foram pesquisadas 9.847 residências em 21 concessionárias de energia elétrica. Já no que se refere às concessionárias, esse erro máximo foi de 4% a 5%, resultando em oscilações que variaram de 2% a 3% para os agregados das regiões geográficas.

O objetivo foi quantificar a tipologia da posse de equipamentos domésticos e obter a declaração do consumidor final quanto à utilização desses, mediante aplicação do instrumento de coleta de dados, que auditou não só a posse e hábito de uso de todos os equipamentos do pesquisado, como também as características de seu *habitat*. Dessa forma, foram levantadas informações, como, por exemplo, as condições de moradia e dados socioeconômicos, qualidade do fornecimento da energia elétrica, aquisição de eletrodomésticos, entre outras, segundo critérios padronizados adotados por outros institutos de pesquisa, de forma a possibilitar algumas comparações pertinentes.

## Consumo de energia elétrica e aquecimento de água no Brasil

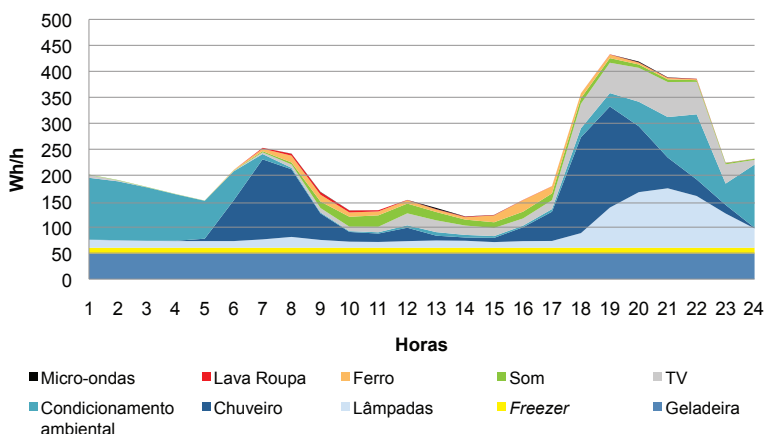
Com base nos resultados da PPH, foi possível estimar em 24% a participação do chuveiro elétrico no consumo total de energia elétrica na classe residencial. Isso quer dizer que, de toda a energia elétrica entregue a essa classe de consumo, quase um quarto é para aquecimento de água para banho. Avaliando uma residência pequena com quatro moradores, o chuveiro elétrico pode responder por até 45% do consumo de energia elétrica durante os meses mais frios e por cerca de 30%, quando a potência do chuveiro pode ser reduzida, num período mais quente do ano. Essa participação pode ser menor em casas onde a posse de equipamentos é mais ampla. No gráfico 2.1, pode



**Gráfico 2.1** • Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial (Souza, 2007)

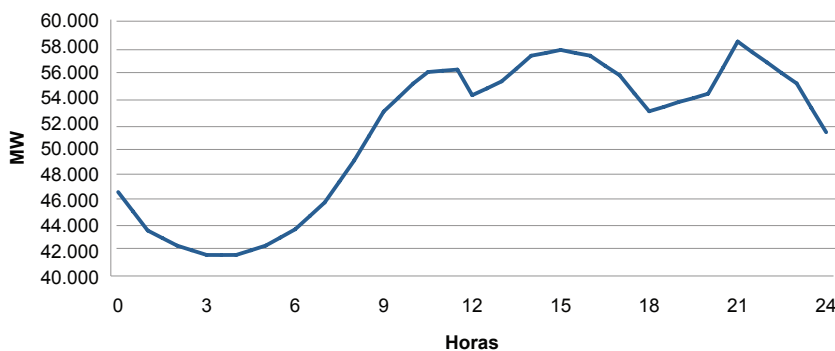
ser vista como é a participação dos eletrodomésticos mais importantes no consumo médio domiciliar no Brasil.

Observando o gráfico da curva de carga diária média residencial (gráfico 2.2), constata-se que o chuveiro elétrico é usado praticamente em todos os períodos do dia. Porém, é no horário de ponta do sistema, período este composto por três horas



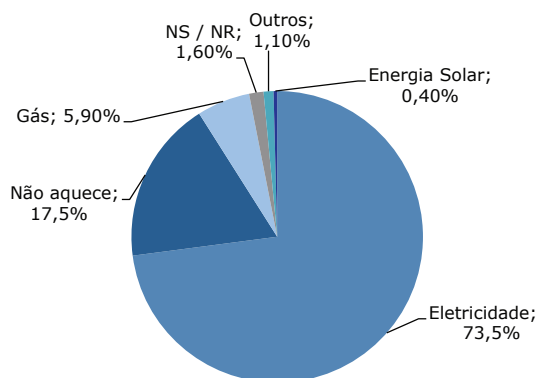
**Gráfico 2.2** • Curva de carga média residencial

diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga do seu sistema elétrico (Aneel Resolução Normativa nº 414/2010), que se observa maior uso desse equipamento. A curva de carga de um dia típico do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) é mostrada no gráfico 2.3.



**Gráfico 2.3** • Curva de carga do SEB (MW)  
(ONS, 2006)

O gráfico 2.4 consolida as fontes energéticas utilizadas para aquecimento de água nas residências brasileiras, de acordo com a PPH. A pesquisa demonstrou que 80,9% dos domicílios brasileiros aqueciam a água do banho de alguma forma, enquanto 17,5% não aqueciam e o restante não sabia ou não respondeu ao questionamento. Cabe



**Gráfico 2.4** • Aquecimento de água nas residências brasileiras (Eletrobras Procel, 2007)

destacar que, dos sistemas que usavam energia elétrica como fonte de aquecimento, o chuveiro elétrico respondeu pela quase totalidade, com a parcela de 99,6%. Quanto aos domicílios que utilizavam o gás como fonte energética, 57,6% o faziam por meio de gás canalizado (de rua) e 42,4% por GLP (botijão de gás).

Com relação ao tempo médio de banho com chuveiros elétricos, a média brasileira fica em cerca de 10 minutos (Eletrobras Procel, 2007).

A tabela 2.1 apresenta o resumo dos dados comparativos entre as PPHs de 1988 (Eletrobras Procel, 1988) e 2005 (Eletrobras Procel, 2007) quanto à posse de chuveiro elétrico no Brasil, constatando que o número de residências que utilizavam o chuveiro elétrico para aquecimento de água aumentou nos últimos 17 anos, com exceção da região norte.

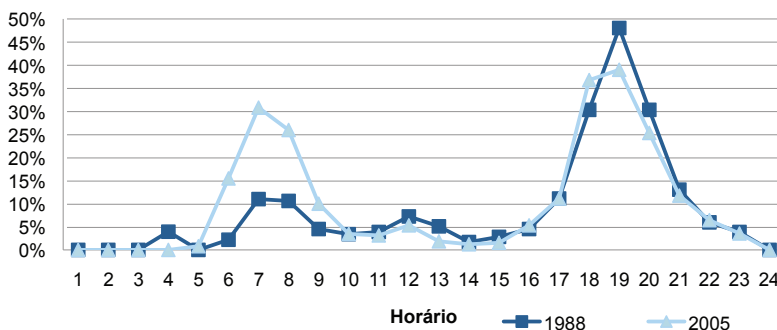
**Tabela 2.1** • Posse de chuveiro elétrico

PPH – chuveiro elétrico – % de residências com o dispositivo	1988 <sup>(a)</sup>	2005 <sup>(b)</sup>
	Brasil	67,6 %
Norte	7,9 %	4,0 %
Nordeste	15,2 %	30,3 %
Sudeste	83,6 %	90,7 %
Sul	88,2 %	98,6 %
Centro-Oeste	73,0 %	85,1 %

(a) 10.818 pesquisas de campo em 27 concessionárias de energia elétrica  
(b) 9.847 pesquisas de campo em 21 concessionárias de energia elétrica



A pesquisa de 2005 apontou um total de 39% dos chuveiros residenciais em uso entre as 18h e 19h. Uma mudança de hábito foi observada no uso do chuveiro elétrico, nas primeiras horas do dia. De acordo com a pesquisa realizada em 1988, o uso desse equipamento, entre 6h e 8h da manhã, atingiu 11%. A pesquisa de 2005, por sua vez, revelou que em 31% das residências do país há pelo menos uma pessoa utilizando o chuveiro nessa mesma faixa de horário (gráfico 2.5).



**Gráfico 2.5** • Hábito de uso do chuveiro elétrico (dia típico)

Interessante também observar que, em algumas localidades, onde há o hábito de almoço nas residências (por exemplo, na área do Distrito Federal), constata-se uma utilização extra dos chuveiros elétricos neste horário, resultando, assim, numa curva de utilização do chuveiro de forma trimodal (banhos pela manhã, tarde e noite).

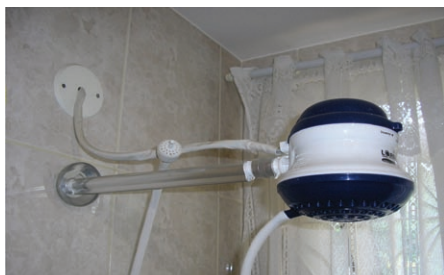
De acordo com a tabela 2.2, a região sul apresenta os maiores índices de posse do chuveiro elétrico. A posse média nessa região é de 1,17 chuveiro elétrico por residência, bem acima da média nacional.

**Tabela 2.2** • Posse média de chuveiro elétrico por residência (Eletrobras Procel, 2007)

Brasil	Norte	Nordeste	Centro-oeste	Sudeste	Sul
0,89	0,05	0,40	1,08	1,10	1,17

## Conclusões

Nas residências brasileiras, o uso da eletricidade é predominante para o aquecimento de água, visto que o chuveiro elétrico (figura 2.1) é o equipamento mais utilizado para esse fim.



**Figura 2.1** • Chuveiro elétrico

Tendo isso em vista, o consumo de energia elétrica com aquecimento de água no país é considerável, e dados históricos comprovam seu crescimento ao longo dos anos.

O uso da energia solar para aquecimento de água tem, no Brasil, um grande potencial de crescimento, pois menos de 1% das residências utiliza esse tipo de energia. Portanto, considerando os fatos citados, além do clima favorável do país, pode-se dizer que a energia solar é recomendada como fonte alternativa para esse uso final.

É importante frisar que, em paralelo, há um esforço de fabricantes, laboratórios e da própria Eletrobras Procel, visando uma evolução na eficiência em relação ao consumo de energia elétrica, ao consumo de água e à segurança elétrica dos equipamentos de aquecimento elétrico, posto que existem regiões e condições especiais nas quais o uso de aquecimento solar não é recomendável.

Apesar dos esforços já realizados e dos resultados que comprovam o sucesso dos projetos já desenvolvidos, ainda há um caminho muito longo a ser percorrido para estimular a ampliação, no país, da adoção do aquecimento solar de água. Destaca-se, neste caso, a possibilidade de viabilizar a inclusão do sistema de aquecimento solar nos financiamentos de habitação popular, o que realmente vem ocorrendo nos últimos anos.

## Referências

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa n.º 414 de setembro de 2010**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 07 de dezembro de 2011.

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 1987: classe residencial**. Rio de Janeiro: Eletrobras, 1988.

\_\_\_\_\_. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial no ano base 2005**. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

\_\_\_\_\_. **Relatório de avaliação de resultados: ano 2006**. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Curva de Carga, 2006**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 17 de setembro de 2007.

SOUZA, R. C. **Apresentação: Pesquisa de Mercado em Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, Abril, 2007. Apresentação dos Resultados.

## Alemanha e outras experiências no uso da energia solar térmica

**Andreas Nieters** *GIZ*

**Jan Knaack** *BSW*

**Delcio Rodrigues** *Vitae Civilis - Ekos Brasil*

Experiências, iniciativas e programas governamentais de incentivo ao uso da tecnologia solar para aquecimento de água na Alemanha e em outros países da Europa, como Espanha, Grécia, França e Áustria, são destacados neste artigo. O texto ressalta como medida importante para difundir essa tecnologia a continuidade das políticas de incentivos como, por exemplo, o uso de subsídios diretos e a redução de taxas de juros. Isso tem sido o principal fator de sucesso para o emprego dos sistemas de aquecimento solar (SAS) nos vários segmentos de mercado e para evolução dessa indústria.

## Introdução

Com as consequências da crise do petróleo dos anos 1970 e a discussão de temas como a degradação do meio ambiente e mudanças climáticas, as formas de energias renováveis passaram a ser vistas como soluções para suprir as necessidades do consumo doméstico e industrial. Assim, a energia solar se tornou pauta da agenda de vários países e se apresentou como uma fonte de energia inesgotável, de tecnologia simples, barata e de fácil utilização e que poderia diminuir o consumo de energias fósseis em habitações, edificações públicas e em processos industriais. Em consequência disso, o investimento em sistemas de aquecimento solar (SAS) aumentou enormemente e as experiências de sua implantação e utilização começaram a se multiplicar.

Os primeiros programas governamentais de fomento à energia solar térmica no mundo foram introduzidos nos anos 1970, exatamente para reduzir a demanda e assegurar independência energética. Ao longo dos anos, outras motivações surgiram: diminuir os picos de consumo de energia dos sistemas elétricos, reduzir a emissão de CO<sub>2</sub> e de outros gases de efeito estufa, oferecer acesso à energia em áreas remotas e estimular os mercados de energias renováveis e os empregos verdes por estes criados.

Para entender melhor por que países até bem menores e/ou com insolação inferior à do Brasil contam com um emprego de aquecimento solar bem mais elevado àquele verificado em nosso país, é preciso analisar os diferentes programas e as formas que esses países, especialmente na Europa, usaram para incentivar o uso deste tipo de sistemas. Este capítulo quer dar uma visão geral a alguns programas de incentivo que existem em nível internacional.

## Europa - um dos mercados mais sofisticados

A primeira experiência em grande escala com o uso de aquecedores solares aconteceu em Israel ainda em torno de 1950. A ocupação do país representava um obstáculo que precisava de uma solução rápida. O país possuía um grande *déficit* de energia, pois não dispunha de fontes naturais para a sua produção e ao mesmo tempo enfrentava restrições de acesso ao petróleo. A escassa oferta de energia fez com que o governo adotasse várias medidas para o controle do consumo de energia. As restri-

ções ao emprego de energia para o aquecimento de água provocaram uma reação na população, que recorreu a novas formas de aquecimento.

Dessa forma, os sistemas solares de aquecimento foram sendo implantados nas unidades habitacionais do país. Em 1967, cerca de 20% da população já dispunha desses sistemas. A adesão da população ocorreu sem subsídios governamentais, pois a lei que regulava o uso e consumo de energia solar só foi promulgada em Israel em 1983. Vinte e cinco anos mais tarde, cerca de 90% das habitações dispunham de sistemas de aquecimento solar, transformando Israel num dos líderes no uso dessa tecnologia em residências (GIZ/Vitae Civilis, 2011).

A experiência positiva de Israel inspirou a ilha de Chipre que decidiu adotar o sistema de aquecimento solar em prédios públicos nos anos 1970. A crise política de 1974 ajudou no desenvolvimento dos sistemas de aquecimento solar no país. Com a invasão da Turquia, ao norte de Chipre naquele ano, milhares de cipriotas de origem grega, cerca de um terço da população, foram para o sul à procura de abrigo. Diante dessa nova realidade, o governo se viu obrigado a construir rapidamente milhares de moradias para abrigar essa população, cuja solução encontrada para o aquecimento foi a inserção de aquecedores solares nessas novas moradias. Com a aprovação do uso dos aquecedores solares por esses moradores, o restante da população acabou aderindo ao uso da tecnologia. Atualmente, 95% das moradias cipriotas têm aquecedores solares.

Em geral, a Europa é um dos mais sofisticados mercados em termos de uso das várias aplicações da energia solar. A energia solar térmica é empregada em habitações residenciais, *flats* e hotéis e em parte dos processos industriais. Para o European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF), que acompanha o desempenho do mercado de energia solar térmica nos estados membros da União Europeia (UE) e Suíça, o setor deve apresentar nos próximos anos um crescimento de 15% ao ano.

Em vários países da UE, políticas públicas oferecem vantagens financeiras para aqueles que instalam sistemas solares térmicos ou que fazem uso de energia solar térmica: *grants* diretos (ajuda financeira direta/subvenção), redução de impostos, redução ou taxa zero de juros sobre empréstimos e certificados verdes (terminologia usada na Europa, também conhecida como certificados de energia renovável nos Estados Unidos). Os incentivos mais comuns têm sido os subsídios diretos, opção

adotada pela Alemanha e Áustria, e as reduções nas taxas de obtenção de crédito e incentivos na França e na Itália.

Na Espanha, uma legislação específica para o uso de aquecimento solar em novas residências está vigorando desde 2005. Nos países do nordeste europeu, essa tecnologia, por lei, não serve apenas para aquecer água, mas também para fornecer de 15% a 25% da energia usada para a calefação de ambientes. Outra medida que se provou útil foi a regulamentação por lei (Israel, em 1980; Espanha e Portugal, em 2006; e Grécia em 2009) que será explicada adiante. Essas diferentes medidas foram às vezes combinadas com a possibilidade de se fazer empréstimos a juros baixos para facilitar o acesso de famílias de baixa renda ao crédito. O objetivo, em todos os casos, é diminuir o investimento inicial e o tempo de reembolso.

## **Alemanha - líder europeu com subsídios diretos**

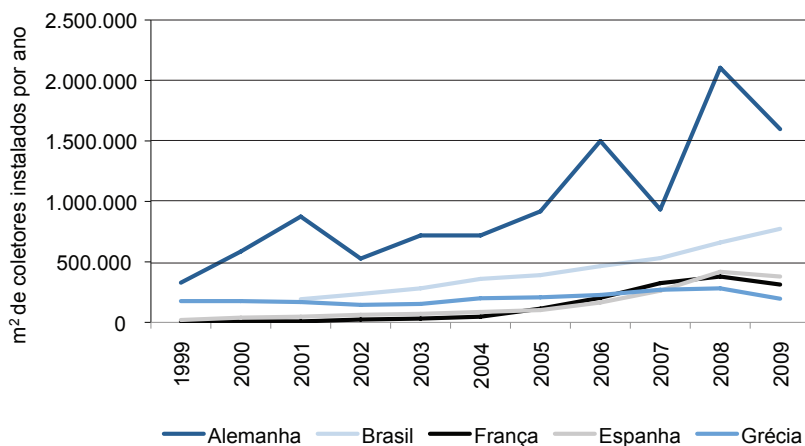
Na Europa, a liderança na capacidade instalada de painéis de energia solar térmica cabe à Alemanha, onde a tecnologia para o uso do calor solar tem uma longa tradição. Teve seu início com a primeira crise do petróleo, que resultou em uma alteração de pensamento econômico e social, com os agentes procurando por meios alternativos para o aquecimento de água e calefação. O alvo era a independência das fontes tradicionais de energia, como o petróleo e o gás natural, e também dos países exportadores desses recursos. Desde aquela época, o desenvolvimento desses sistemas tem avançado muito, mas não se observa uma evolução contínua para o setor solar térmico, ao contrário, sua história está marcada por crises periódicas e grande dependência de condições externas como o subsídio e o desenvolvimento do mercado mundial de energia.

A queda dos preços de petróleo na metade dos anos 1980 teve um forte impacto em toda a indústria solar térmica, que até então se desenvolvia de uma maneira muito satisfatória. Com a catástrofe de Chernobyl, em 1986, e a discussão sobre a destruição das florestas, a indústria solar térmica conseguiu se recuperar em parte.

Como qualquer outra fonte de energia renovável, o aquecimento solar também precisa de incentivos públicos para evoluir, já que não é competitivo desde seus primeiros passos. O uso de energia solar térmica vem crescendo, graças a um conjunto

de programas de incentivo para seu uso. O mercado solar térmico alemão tem se beneficiado não somente do aumento dos preços de energia, mas, principalmente, dos programas de subsídios concedidos pelo governo, pela lei de energias renováveis para aquecimento (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz – EEWärmeG) e pelo Programa de Estímulo ao Mercado - MAP (Marktanreizprogramm).

A evolução do mercado alemão de sistemas de aquecimento solar, conforme gráfico a seguir, é marcada pelo subsídio oferecido pelo MAP. Além de promover coletores solares, o MAP também estimula a instalação de caldeiras de calefação com biomassa e bombas de calor, porém, desde o início do programa, cerca de três quartos do financiamento total foram destinados à primeira opção. O MAP foi introduzido em 1999 substituindo um programa existente desde 1994, que por falta de recursos não havia conseguido gerar impactos significativos. Considerando o aumento de investimento em 1999 com o início do MAP, a instalação de 90% da área de coletores na Alemanha contou com o apoio do programa, que ajudou a tecnologia a ser mais aceita e a ter sua demanda aumentada.



Evolução da curva de mercado de sistemas de aquecimento solar em alguns países europeus e no Brasil (ESTIF, 2010 e Abrava, 2010)

Ao final de 2002, o governo alemão estabeleceu como meta dobrar a área total instalada de coletores solares até o fim de 2006, com base no total instalado ao final



de 2002 de 4,35 milhões de m<sup>2</sup>. Para alcançar esse objetivo foram investidos mais de 740 milhões de euros até 2005, incluindo valores aplicados a partir de 1999.

O setor teve um *boom* em 2008, porém as consequências da crise financeira que se seguiu desaceleraram o processo de contínuo crescimento. Houve então uma retração de 29% nesse mercado, que quase voltou aos níveis de 2007. Essa tendência se inverteu a partir de 2010, quando o setor começou a dar mostras de recuperação. Apesar desse quadro de forte flutuação, a Alemanha registrava nesse ano mais de 5% dos lares se utilizando de energia solar térmica, o que significou mais de 1,2 milhão de residências com sistemas de aquecimento solar.

Em relação ao gráfico apresentado, pode-se observar que a evolução da curva do mercado alemão é diretamente influenciada pela gestão do programa MAP. De 2001 a 2007, o investimento médio no programa foi de 80 milhões a 100 milhões de euros por ano. O subsídio de 196 milhões de euros no ano de 2009 marcou uma alta histórica que gerou um total de 1,56 bilhão de euros de investimento.

### **Coletores instalados por ano em m<sup>2</sup>**

Desde 2009, para receber ajuda financeira do governo, o equipamento escolhido deve obrigatoriamente apresentar o selo de qualidade europeu, o Solar Keymark, divulgado pelas organizações europeias de normalização: Comitê Europeu de Normalização (CEN) e Comitê Europeu de Normalização Eletrotécnica (CENELEC), o que garante a difusão de uma tecnologia de alta qualidade.

O MAP faz parte da estratégia política do governo federal alemão para a expansão da fração renovável da matriz energética do país. O programa é um sistema de incentivos financeiros do Ministério Alemão do Meio Ambiente (BMU - Bundesamt für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit), financiado com recursos do orçamento do governo federal, contando com acréscimos do imposto ecológico (Ökosteuer) que incide, por exemplo, sobre o preço da gasolina. Quem tem direito a esses recursos são pessoas físicas, pequenas e médias empresas, municípios e associações. Todos os tipos de sistemas solares térmicos são incentivados: aquecimento doméstico para banho e calefação, sistemas de grande porte para edifícios, sistemas de aquecimento distrital-urbano, sistemas de geração de calor para proces-

tos industriais e, também, sistemas de refrigeração solar. Obras maiores recebem apoio através de empréstimos com juros baixos fornecidos pelo banco de desenvolvimento alemão KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau).

O órgão gerenciador responsável pelo programa é a Instituição Federal Alemã de Economia e de Controle de Exportação, a BAFA (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle), que operacionaliza o MAP por encargo do BMU. As diretrizes técnicas foram adaptadas continuamente e tiveram assim um forte impacto no desenvolvimento e na demanda pela tecnologia solar térmica. A observação das constantes mudanças nos subsídios e critérios aplicados sobre o programa entre 1999 e 2005 mostra a gestão bastante ativa e sintonizada com fatores como, por exemplo, o número de solicitações de investimento recebidas e o preço dos combustíveis utilizados para a calefação.

Desde o dia 1º de janeiro de 2009, a base jurídica para o subsídio no uso de instalações solares térmicas é a lei de energias renováveis para aquecimento, a Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG), implementada para promover energias renováveis para o fornecimento de calor. Dentro dessa lei está prevista a obrigação, para todos os proprietários, do uso de energias renováveis para aquecimento e calefação em casas e edifícios recém construídos. O objetivo da lei é aumentar a quota de energias renováveis no setor de aquecimento e calefação a 14% até 2014. A lei foi alterada recentemente, incluindo também edifícios que passem por reformas.

Com 1.619.800 m<sup>2</sup> de coletores solares instalados em 2009 e um parque solar total de 12.899.800 m<sup>2</sup>, equivalente a 9.029,9 MW<sub>th</sub>, a Alemanha domina mais de 40% do mercado europeu, segundo o ZSW (Centro de Pesquisa Alemão para Energia Solar e Hidrogênio Baden-Württemberg). O incentivo financeiro pago pelo governo alemão permite cobrir em torno de 15% dos investimentos iniciais. Durante a maior parte de seu período de vigência, o programa exigiu que os coletores utilizados tivessem um rendimento mínimo médio anual de 525 kWh/m<sup>2</sup> e os sistemas, uma fração solar de pelo menos 40%. Considerando todos os investimentos realizados pelo MAP entre os anos 2000 e 2009, as instalações solares térmicas receberam um total de 963 milhões de euros de subsídios, o que gerou um número total de 7,5 bilhões de euros em investimentos em todo o programa na época.

## Áustria – líder de capacidade solar térmica *per capita* do mundo

A Áustria é um dos países com maior uso *per capita* de aquecedores solares. No final dos anos 1970, o país intensificou os debates sobre a utilização da energia solar. O desastre de Chernobyl e as preocupações com o meio ambiente provocaram um movimento na população para adoção da energia solar. Nos anos 1990, os austríacos passaram a usar seus sistemas de aquecimento solar para calefação de suas casas, além do aquecimento de água. Atualmente, a Áustria possui 220 mil residências dotadas de aquecimento solar e calcula-se que o crescimento anual do mercado de energia solar seja de 40 mil sistemas por ano. O crescimento do setor, que envolve energia renovável e aquecimento, está estimado em 34%. O governo austríaco também calcula que 66 mil novos empregos possam ser criados nos próximos 10 anos com o emprego da energia solar.

Na região mais altamente urbanizada, a Alta Áustria, a energia solar térmica tem registrado altos índices de aprovação. Um em cada quatro sistemas solares térmicos instalados naquele país localiza-se nessa região. O sucesso se deve aos programas de subsídios do governo aliados a políticas regionais que fiscalizam, monitoram, incentivam e capacitam instaladores para a implantação dos equipamentos em edificações novas e reformadas.

O governo estadual da Alta Áustria tinha por objetivo instalar 1 milhão de m<sup>2</sup> de coletores até 2010, mas essa meta foi atingida em 2009, o que representou mais de 0,7 m<sup>2</sup> de área de coletor por habitante, transformando-a na região com a maior capacidade solar térmica instalada *per capita* do mundo.

## Grécia - um mercado sustentável graças aos incentivos fiscais

Segundo o relatório de maio de 2010 da EurObserv'ER (Euroserver, 2010), o observatório de energias renováveis da União Europeia, a Grécia ocupa o terceiro lugar na Europa em área instalada acumulada de SAS (4.076.200 m<sup>2</sup> em 2009), depois da Alemanha e da Áustria. O crescimento desse mercado começou nos anos 1980 e hoje é praticamente impossível viajar pelo país e não ver cidades com esses sistemas nas casas. Como fatores essenciais para esse sucesso podem ser identificadas as intensas campanhas de divulgação destinadas ao setor de construção, divulgadas pela

Associação da Indústria Solar Grega (EBHE) em 1984 e 1986, assim como a promoção de SAS mediante incentivos fiscais em duas fases, o que permitia uma redução dos custos de investimentos em até 40% mediante a declaração de impostos

Apesar do corte dos incentivos fiscais em 2003, o mercado manteve um crescimento estável até 2009, quando caiu 31,5% em relação ao ano anterior, devido à grave crise econômica que atingiu a Grécia. Em uma nova tentativa de reanimar o mercado, uma nova lei (de janeiro de 2011) obrigou novos prédios a cobrir pelo menos 60% da demanda de água quente com energia solar térmica (GTZ, 2006).

## **Espanha - caso de sucesso e pioneirismo na regulamentação na Europa**

A Lei Solar de Barcelona, que entrou em vigor em 2000, foi um impulso importante para o mercado de SAS na Espanha, tanto que a experiência de Barcelona se converteu em um modelo a ser seguido em outros territórios do país.

Essa lei obriga todos os novos edifícios (residenciais e comerciais, hospitais e ginásios), cujo consumo de água quente supera os 292 MJ (81,1 kWh), a gerar no mínimo 60% da sua energia a partir da tecnologia solar. Nenhum subsídio foi distribuído, mas a possibilidade de obter empréstimos a juros baixos (6%-8% em vez de 14%-18%) ajudou a consolidar a lei solar. Em um prazo de cinco anos após a implementação da lei, Barcelona multiplicou por 20 a participação da energia solar térmica *per capita*. Em 2009, esse modelo foi incorporado ao Código Técnico de Edificação (CTE) espanhol. O CTE deu origem a 332.000 m<sup>2</sup> dos 402.000 m<sup>2</sup> instalados em 2009 em toda a Espanha.

## **França - a importância de uma exigência de qualidade**

Para incentivar o desenvolvimento dos sistemas de aquecimento solar na França, o governo francês promoveu no período entre 2000 e 2008, além de incentivos regionais, um programa nacional, o Plan Soleil (Plano Sol), de estímulos financeiros, coordenado pela Agência de l'Environment e de la Matriz Energetique (ADEME). O programa propõe incentivos ao uso de SAS para famílias, prédios residenciais, hospitais, hotéis etc.

O programa teve início com a distribuição de subsídios diretos para o uso doméstico e, a partir de 2005, passou a fornecer incentivos fiscais de 40% sobre o custo dos equipamentos, uma taxa que aumentou para 50% em 2006. Essa iniciativa nacional, junto com outras regionais, contribuiu para coordenar a forte demanda, assegurando assim o desenvolvimento sustentável do mercado. O Plan Soleil se destacou por ser o primeiro programa a incluir uma exigência de qualidade dos serviços de instalação e pós-venda, por meio do programa francês Qualisol. Para que uma instalação de SAS se qualificasse para o suporte financeiro, os instaladores deveriam participar do programa Qualisol e serem certificados. Essa medida ofereceu aos usuários uma garantia sobre a qualidade do SAS, desde a concepção do projeto, até a instalação e manutenção do equipamento, o que contribuiu para uma opinião pública positiva sobre a tecnologia.

Em 2009, após 10 anos de crescimento ininterrupto, esse mercado para habitações individuais desacelerou, o que levou a um novo programa de subsídios diretos de 1 bilhão de euros, repartidos ao longo de três anos, chamado de Fonds de Chaleur (Fundo de Calor), para habitações multifamiliares e para o setor terciário.

## **Experiências internacionais - fatores de sucesso**

Entre as diferentes experiências internacionais apresentadas se destacam alguns fatores de sucesso, sendo o principal deles a continuidade dos incentivos. Uma política descontínua desanima a indústria a fazer investimentos de longo prazo, e o anúncio de novos ou maiores incentivos, no futuro, tem um impacto negativo sobre o mercado, fazendo com que agentes interessados posterguem seus investimentos até o lançamento dos novos incentivos.

Outro fator importante é a disponibilidade de recursos. Na maioria dos casos, os incentivos provêm do orçamento público. Os orçamentos devem ser planejados em longo prazo, assegurando assim a continuidade do programa de incentivo. Um bom exemplo para a disponibilidade de recursos é o financiamento do MAP alemão, que conta com o imposto verde cobrado no preço dos combustíveis.

Também merece destaque a estabilidade dos agentes responsáveis pelo incentivo, como é o caso da BAFA na Alemanha. A experiência mostra que diferentes agen-

tes podem assumir esse papel, tais como agências de energia, programas nacionais de eficiência energética e/ou energias renováveis ou bancos de desenvolvimento.

Além disso, são necessários procedimentos simples e ágeis de financiamento. Procedimentos administrativos complicados e lentos tendem a influenciar significativamente os resultados de instrumentos de apoio à energia solar térmica. A maioria dos usuários finais adquire um SAS quando o equipamento antigo de aquecimento para de funcionar ou está obsoleto. Portanto, um procedimento que não permita uma reposição rápida estará invariavelmente comprometido.

A opção por subsídios diretos tem a vantagem de não exigir um tempo de espera até a próxima declaração de impostos, enquanto reduções de impostos dispensam o tempo de espera para a validação da solicitação de subsídios. Em outros casos, como o da Espanha, o simples fato de oferecer um financiamento com juros menores ajudou a ampliar a posição dos SAS no mercado.

Ademais, a experiência internacional mostra que, para o sucesso de programas de incentivo, são necessárias ações complementares, que assegurem a interação entre os principais agentes do setor e garantam a qualidade dos produtos disponíveis, assim como a avaliação regular de desenvolvimento do mercado.

A Agência Internacional de Energia (IEA) manifestou em uma de suas publicações recentes, a *Solar Energy Perspectives* (OECD; IEA, 2011), que os sistemas de aquecimento solar e a energia solar fotovoltaica deveriam ser usados em paralelo no futuro, pois teriam um potencial de contribuir com 25% da demanda global de energia em 2050 - o maior potencial foi vislumbrado na indústria. Juntos, o aquecimento solar, a geração fotovoltaica e a refrigeração solar podem reduzir significativamente a demanda de energia em nível global.

## Referências

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado Ventilação e Aquecimento. Notícias Abrava. In.: **Revista Abrava**, Edição 291, Maio 2011, p. 27. Disponível em: <<http://www.newsflip.com.br/pub/revistasol//index.jsp?edicao=1926>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2011.

ESTIF. European Solar Thermal Industry Federation. **Solar thermal markets in Europe trends and market statistics 2009**, June 2010, p. 9. Disponível em:< [http://www.estif.org/statistics/archived\\_statistics/](http://www.estif.org/statistics/archived_statistics/)>. Acesso em: 05 de dezembro de 2011

\_\_\_\_\_. European Solar Thermal Industry Federation. **Solar thermal markets in Europe trends and market statistics 2010**, June 2011, p. 16. Disponível em:< [http://www.estif.org/press/estif\\_press\\_releases](http://www.estif.org/press/estif_press_releases)>. Acesso em: 01 de dezembro de 2011

EUROSERVER. **Solar thermal and concentrated solar power barometer, 2010**. Disponível em: <[http://www.euroserver.org/pdf/solar\\_thermal\\_barometer\\_2011.pdf](http://www.euroserver.org/pdf/solar_thermal_barometer_2011.pdf)>. Acesso em: 2011.

GIZ, Vitae Civilis. **Introdução ao Sistema de Aquecimento Solar**. Disponível em: <[http://renove.org.br/publicacoes/Aurelio%20Souza-USINAZUL-Introducao\\_aquecimento\\_solar.pdf](http://renove.org.br/publicacoes/Aurelio%20Souza-USINAZUL-Introducao_aquecimento_solar.pdf)>. Acesso em: 2011.

GTZ. **International experiences with the promotion of solar water heaters (SWH) at household-level**, 2006. Disponível em: < [http://www.solarthermalworld.org/files/en-Internat-Experiences-Promoting-Solar-Water\\_Heaters.pdf?download](http://www.solarthermalworld.org/files/en-Internat-Experiences-Promoting-Solar-Water_Heaters.pdf?download)> .

OECD; IEA. Organization for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency. **Solar Energy Perspectives**, 2011. Disponível em: <<http://www.iea.org/Textbase/npsum/solar2011SUM.pdf>>. Acesso em: 2012.

## Contribuições do Selo Procel Eletrobras e da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

**Rafael Meirelles David** *Eletrobras Procel*

**Marcos André Borges** *Inmetro*

**Douglas Messina** *IPT-SP*

O objetivo deste capítulo é mostrar os programas executados para avaliação da eficiência energética dos coletores solares e reservatórios térmicos. Apresenta também a evolução dos índices de desempenho desses equipamentos, além de tratar dos principais avanços tecnológicos neste setor. Destacam-se ações para estimular o uso da energia solar para aquecimento de água e para aperfeiçoamento dos sistemas.



## Introdução

Segundo dados da Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso (PPH), realizada em 2005 e publicada em 2007 (Eletrobras Procel, 2007) sob coordenação da Eletrobras Procel, 80,9% dos domicílios brasileiros aqueciam a água do banho de alguma forma, enquanto 17,5% não aqueciam e o restante não sabia ou não respondeu ao questionamento. Dessa relação, 90,9% dos domicílios que aqueciam a água do banho utilizavam a eletricidade para tal, e 7,35% das residências usavam gás (canalizado ou GLP), indicando assim uma pequena representatividade para o aquecimento solar.

A partir de 2006, segundo dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava), a venda de coletores solares cresceu consideravelmente, chegando ao patamar de 967 mil m<sup>2</sup> em 2010, fazendo o Brasil ultrapassar a marca de 6 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares instalados (Abrava, 2011<sup>1</sup>).

Tendo em vista o aumento significativo do uso do aquecimento solar de água e a consequente necessidade de estabelecer critérios que diferenciasssem os produtos disponíveis no mercado quanto ao seu desempenho, a Eletrobras Procel e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) iniciaram, em 1996, duas iniciativas destinadas a funcionar de forma integrada, conforme destacado a seguir.

A implementação de um programa de avaliação da conformidade de caráter voluntário com foco na eficiência energética, denominado PBE Solar, baseado no uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), figura 4.1, para evidenciar o atendimento aos critérios normativos exigidos na regulamentação. Nessa etiquetagem, os equipamentos são classificados por níveis de eficiência energética representados por faixas coloridas que variam de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente).

O PBE Solar foi criado no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que, coordenado pelo Inmetro com o apoio técnico e institucional da Eletrobras Procel, tem o objetivo de prover informações úteis sobre o desempenho energético dos equipamentos, de

Energia (Solar)		COLETOR SOLAR ACOPLADO
Fabricante		ABCDEF
Marca		XYZ(Logo)
Modelo		IPQR
Pressão de Funcionamento (kPa) (Vmax)		XYZ
Aplicação		banho
<b>Mais eficiente</b>		
A		
B		
C		
D		
<b>Menos eficiente</b>		
E		
<b>Produção Mensal de Energia:</b>		
- Por m <sup>2</sup> de coletor (kWh/mês.m <sup>2</sup> )		00,0
- Por sistema (kWh/mês)		00,0
Área externa do Coletor (m <sup>2</sup> )		0,00
Eficiência Energética Média (%)		XYZ
Capacidade do Sistema (litros)		00,0
Potência de Resistência Elétrica (kW)		00,0
<small>Reservados os Direitos de Autorização para Sistemas e Equipamentos para Aquecimento Solar de Água RESERVAÇÃO</small>		
<small>Instruções de Instalação e recomendações de uso, veja o Manual do usuário</small>		
	PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	
<b>IMPORTANTE: A REMOÇÃO DESTA ETIQUETA ANTES DA VENDA, ESTÁ EM DESSACONFORMIDADE COM O CONJUNTO DE DEFESA DO CONSUMIDOR</b>		

Figura 4.1 • Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

<sup>1</sup> A Abrava divulgou em março de 2012 que o mercado de aquecimento solar cresceu 6,5% em 2011. Foram produzidos 1,029 milhão de m<sup>2</sup> de coletores solares, elevando a área instalada no Brasil para 7,31 milhões de m<sup>2</sup>. Fonte: sítio Revista Fator ([www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=197900](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=197900))

forma a influenciar a decisão de compra dos consumidores e, por meio dessa seleção de produtos mais eficientes, incentivar o processo de melhoria contínua da indústria.

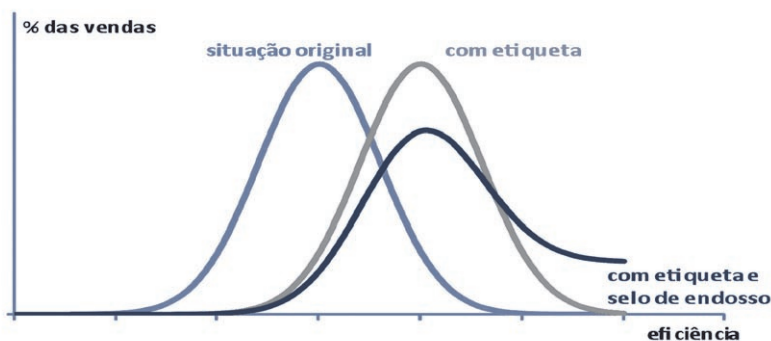
É importante ressaltar que, no procedimento de etiquetagem, estão previstos ensaios iniciais de autorização para uso da etiqueta e ensaios de manutenção, realizados anualmente para verificar se os produtos mantêm, no mercado, as características declaradas na ENCE.

A outra iniciativa, também de caráter voluntário, foi a concessão do Selo Procel Eletrobras (figura 4.2) para os coletores solares e reservatórios térmicos mais eficientes fabricados ou comercializados no país.

O Selo Procel Eletrobras tem a finalidade de estimular a fabricação e a comercialização nacional de produtos mais eficientes, na medida em que orienta o consumidor, no ato da compra, a adquirir equipamentos que apresentam melhores níveis de eficiência energética, contribuindo, assim, para o desenvolvimento tecnológico e a redução de impactos ambientais.

O Selo Procel Eletrobras é concedido anualmente aos equipamentos que apresentam os melhores índices de eficiência energética, na sua respectiva categoria. Destaca-se, entretanto, que, para algumas categorias de produtos, outras características técnicas e qualitativas associadas ao equipamento são também verificadas e consideradas para a concessão do Selo.

O gráfico 4.1 apresenta uma abordagem simplificada dos impactos esperados sobre a distribuição das vendas de um equipamento em função da introdução de eti-



**Gráfico 4.1** • Distribuição das vendas de um equipamento genérico na situação original e com a introdução de etiqueta classificatória e selo de endosso (Eletrobras Procel, 2011 - a)



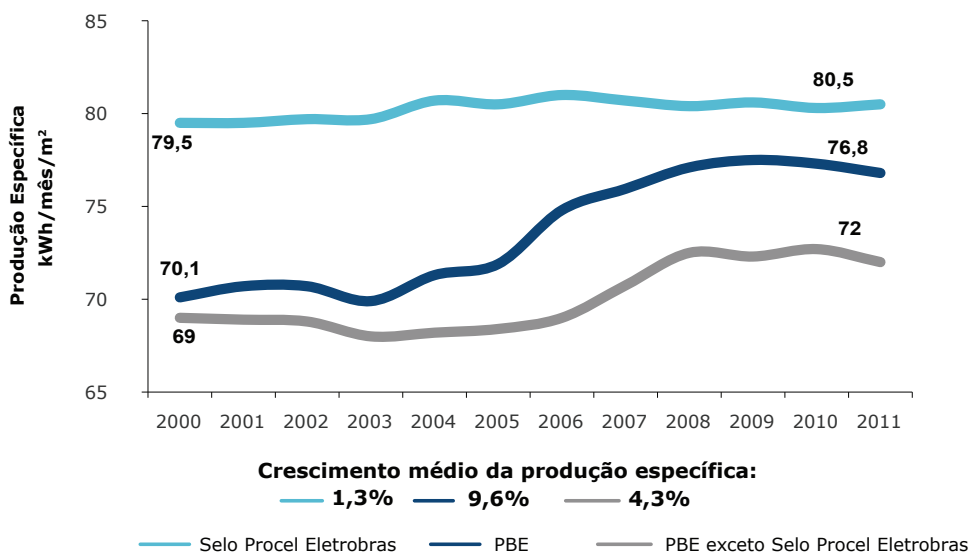
**Figura 4.2** • Selo Procel Eletrobras

quetas classificatórias (como a ENCE) concomitantemente a selos de endosso (como o Selo Procel Eletrobras).

A introdução de etiquetas classificatórias, com informações sobre o desempenho energético de um equipamento, em bases compulsórias ou não, tende a elevar a eficiência dos produtos comercializados, já que esse critério passa a ser um atributo visível para o consumidor.

Desde o início da concessão do Selo Procel Eletrobras e da ENCE, até hoje é possível observar uma expressiva melhora no desempenho dos coletores comercializados no país. A média da eficiência energética dos coletores solares, modalidade banho, etiquetados em 2000, era de 51,3%. Esse índice foi evoluindo ao longo dos anos, atingindo, em 2011, o nível médio de 55,7%.

O gráfico 4.2 apresenta as evoluções da média da produção mensal de energia específica dos coletores solares para banho, no período de 2000 a 2011, tanto para coletores etiquetados pelo Inmetro como para os que possuem o Selo Procel Eletrobras. Esse índice revela uma expressiva melhora ao longo do tempo, principalmente na média de todos os coletores etiquetados, que tentam alcançar os padrões exigidos para a concessão do Selo Procel Eletrobras.

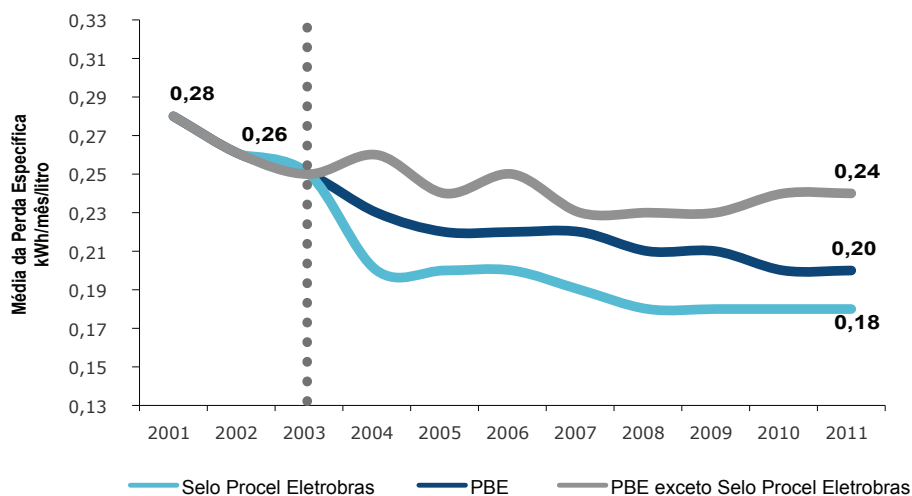


**Gráfico 4.2 •** Evolução da produção específica de energia em coletores solares (kWh/mês/m²) (Eletrobras Procel, 2011 - b)

Os reservatórios térmicos, por sua vez, são etiquetados no PBE Solar desde 2001 e recebem o Selo Procel Eletrobras desde 2002, sendo que até o ano de 2003 não existia diferença entre os critérios para a concessão do Selo Procel e a classe “A” (mais eficiente) da ENCE. A partir daquele ano, foram definidos índices de Perda Específica de Energia Mensal mais baixos para a obtenção do Selo. Em 2006, os índices para a obtenção da ENCE e do Selo Procel foram revistos, tornando-se ainda mais exigentes.

Destaca-se que, desde 2005, para ser contemplado com a ENCE e o Selo Procel, os reservatórios térmicos devem passar por ensaios para verificação quanto à segurança elétrica, uma vez que muitos desses equipamentos apresentam um apoio elétrico para aquecimento complementar. A princípio, foram introduzidas seis verificações a serem realizadas através de ensaios laboratoriais, baseadas em normalização internacional da International Electrotechnical Commission (IEC). Com a obrigatoriedade da ENCE para os reservatórios térmicos, todos os critérios de segurança elétrica estabelecidos pela normalização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) devem ser exigidos.

No gráfico 4.3, é apresentada a evolução da média das perdas específicas de energia mensal dos reservatórios térmicos de 200 litros etiquetados entre 2001 e 2011. Analisando o gráfico, é possível identificar uma significativa melhora no desempenho desses equipamentos.



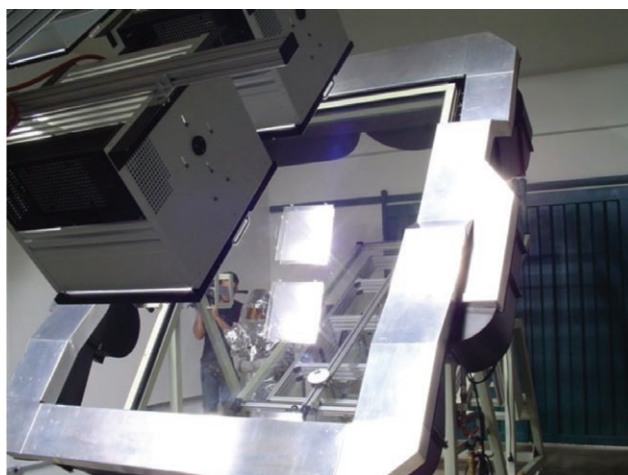
Nota:

Em 2002 e em 2003, todos os produtos etiquetados receberam o Selo Procel Eletrobras.

A partir de 2004, os índices para a concessão do Selo Procel Eletrobras tornaram-se mais rígidos.

**Gráfico 4.3** • Evolução da média das perdas específicas de energia em reservatórios térmicos (kWh/mês/litro) (Eletrobras Procel, 2011 - b)

Em 2005, a Eletrobras Procel adquiriu uma série de equipamentos para ampliar a capacidade do Laboratório Solar da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), responsável pela realização dos ensaios para o PBE Solar e para concessão do Selo Procel Eletrobras para coletores solares e reservatórios térmicos. Essa ampliação tornou o processo de ensaios muito mais rápido, visto que eliminou a necessidade de períodos de ensaios muito longos em ambiente externo, que, em muitos casos, chegavam a meses para serem concluídos. Após a capacitação com novos equipamentos - destacando-se um simulador solar, importado da Alemanha – os ensaios passaram a ser realizados em apenas uma semana. Esse equipamento (figura 4.3), doado pelo Global Environmental Facility (GEF), foi pioneiro na América Latina.



**Figura 4.3 •** Simulador Solar instalado na PUC Minas

A Eletrobras Procel também adquiriu equipamentos para o Laboratório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Esses equipamentos, a exemplo das melhorias observadas no Laboratório Solar da PUC Minas, permitiram ampliar a capacidade do laboratório para avaliar reservatórios térmicos (figura 4.4), ocasionando, da mesma forma, a redução do tempo para a realização dos ensaios de eficiência energética.

Buscando incentivar o desenvolvimento da energia solar no país, o governo do estado de São Paulo investiu cerca de US\$ 1,5 milhão na aquisição de outro simulador solar também importado da Alemanha, complementando a capacitação laboratorial do IPT quanto aos ensaios de eficiência energética dos coletores solares.



**Figura 4.4 • Reservatórios térmicos avaliados no IPT**

Nesse contexto, estava prevista para o início de 2012 a publicação da revisão do PBE Solar, tornando a ENCE compulsória para coletores solares e reservatórios térmicos comercializados no Brasil, com prazos de adequação que devem vencer em 2014. Essa compulsoriedade deve vir acompanhada da regulamentação de níveis mínimos de eficiência energética conforme estabelecido na Lei Federal nº 10.295 de 2001 (Brasil, 2001), também conhecida como Lei de Eficiência Energética. Essas iniciativas incentivarão a indústria no desenvolvimento de mecanismos de inovação que poderão proporcionar um grande salto de qualidade para os equipamentos de aquecimento solar.

### **Contribuição tecnológica – sistema de aquecimento de água híbrido**

Na busca por melhores desempenhos dos produtos de aquecimento de água (solar, elétrico e gás), algumas iniciativas de pesquisas, muitas delas financiadas por agências de fomento, concessionárias, governos estaduais e governo federal, trouxeram o desenvolvimento de produtos denominados sistemas de aquecimento de água híbrido, nos quais se utilizam duas ou mais fontes de energia para aquecer a água para banho.

O conceito de sistema de aquecimento de água híbrido, basicamente, é o de associar tecnologias diferentes para obter um maior desempenho. O desempenho não trata apenas dos aspectos de eficiência energética, mas da economia global disponibilizada ao usuário.

Em 2005, foram realizadas pesquisas com um projeto piloto, nas quais foram instalados 50 sistemas híbridos em Habitações de Interesse Social (HIS) no interior do estado de São Paulo (figura 4.5).



**Figura 4.5** • Sistema de aquecimento de água híbrido em HIS

Esse sistema de aquecimento de água híbrido se compõe basicamente de um reservatório de 200 litros, uma placa coletora (1,2 m x 1,6 m) e um chuveiro elétrico de baixa potência no ponto de utilização, no qual foi verificado, em média, uma economia no banho de cerca de 30% na energia elétrica (comparado ao uso exclusivo de chuveiro elétrico) e 50% no consumo de água (em relação ao SAS).

Atualmente, esses sistemas de aquecimento de água híbrido são adotados como padrão nas HIS financiadas pela Caixa Econômica Federal (CAIXA), companhias de habitação e projetos de eficiência energética residenciais das concessionárias de energia elétrica. Buscando adaptar-se a esse contexto, as empresas do setor de aquecimento de água solar e elétrico vêm buscando desenvolver materiais e produtos específicos a esse tipo de utilização.

## **Brasil liderando normalização no continente**

Com a finalidade de harmonizar as normas de eficiência energética nas Américas, foi criada uma comissão técnica dentro do Comitê Panamericano de

Normalização Técnica (Copant), da qual participam Estados Unidos, Canadá, Argentina, México, Cuba, Peru, Costa Rica, Chile, Brasil, Uruguai, Colômbia, entre outros países. O Brasil é responsável por coordenar e apresentar o projeto de norma referente à eficiência energética e ao desempenho de sistemas de aquecimento solar, desde 2008.

Os procedimentos normativos adotados pela comissão técnica para a norma Copant de energia solar térmica estão baseados no programa brasileiro atual, sendo que os requisitos para obtenção da ENCE e a sua configuração estão contemplados na íntegra.

Cabe ressaltar que estão previstas a apresentação e a discussão sobre sistemas híbridos de aquecimento de água no Copant, pelo fato de os países que compõem o Mercosul possuírem habitações com características de instalações similares às do Brasil.

## Conclusões

A Eletrobras Procel e o Inmetro vêm realizando uma série de ações com o objetivo de estimular a fabricação de sistemas cada vez mais eficientes para o aquecimento solar de água, o que representa um fator de apoio à difusão dessa tecnologia no Brasil. Essas iniciativas, implementadas dentro de regras pré-estabelecidas em normas e regulamentos técnicos, contam com a colaboração de importantes parceiros, destacando-se os meios técnico e acadêmico e entidades representativas do setor produtivo.

As principais ações desenvolvidas nesse âmbito foram o estabelecimento de processos e a concessão do Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia, assim como a estruturação e o monitoramento da capacidade laboratorial para realização dos ensaios necessários. Essas ações foram decisivas para a melhoria do desempenho dos equipamentos comercializados no país. No caso dos coletores solares para banho, identificou-se um aumento de cerca de 10% da média da produção mensal de energia específica, enquanto no caso dos reservatórios térmicos houve uma redução de aproximadamente 30% da média das perdas específicas de energia.

Um marco para esse setor deve ser o lançamento da política de enquadramento de equipamentos de aquecimento solar na Lei de Eficiência Energética. Dessa for-



ma, serão estabelecidos, pelo governo, níveis mínimos de desempenho compulsórios para esses equipamentos. Essa atividade já está sendo desenvolvida pelo Ministério de Minas e Energia (MME), devendo ser colocada em prática a partir de 2013.

## Referências

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado Ventilação e Aquecimento. Notícias Abrava. In.: **Revista Abrava**, Edição 294, Agosto 2011, p. 53. Disponível em: <<http://www.newsflip.com.br/pub/revistasol//index.jsp?edicao=2177>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2012.

BRASIL. Governo Federal. **Lei n.º 10.295 de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm)>. Acesso em: 20 de dezembro de 2011.

ELETOBRAS PROCEL. **Análise conceitual dos benefícios energéticos e das inter-relações entre o Selo Procel e a Etiqueta Inmetro (PBE)**. Documento interno. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, Selo Procel, 2011 - a.

\_\_\_\_\_. **Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil**: pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial no ano base 2005. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

\_\_\_\_\_. **Banco de dados de equipamentos**. Documento interno. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, Selo Procel, 2011- b.

## Metodologia de avaliação e resultados do Selo Procel Eletrobras

**Luiz Augusto Horta Nogueira** *Unifei - Excen*

**Rafael Balbino Cardoso** *Unifei - Itabira*

**Moisés Antônio dos Santos** *Eletrobras Procel*

Este capítulo apresenta metodologia de avaliação dos impactos energéticos do Selo Procel Eletrobras em sistemas de aquecimento solar de água, tendo como base as diretrizes do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). Em 2011, o uso desta tecnologia gerou uma economia de energia da ordem de 52,03 GWh e redução de demanda de ponta aproximada de 406 MW.

## Introdução

O Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia (figura 5.1) é um dos mais relevantes instrumentos de divulgação da eficiência energética de eletrodomésticos, equipamentos eletroeletrônicos e de aquecimento solar de água comercializados no Brasil, sendo responsável por mais de 90% dos resultados de economia de energia estimados para o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). Esse selo é uma forma de distinção, pois é concedido aos equipamentos que consomem menos energia e são mais amigáveis ao meio ambiente, entre os que passam pelos testes e classificação da etiquetagem.

Desde o início desse Programa, em 1985, a avaliação e a divulgação dos resultados têm sido promovidas pela Eletrobras, procurando informar à sociedade sobre os investimentos realizados e estimar os benefícios alcançados ano a ano. Esses resultados servem ainda de referência para estudos elaborados no país e no exterior sobre as ações governamentais de fomento à eficiência energética e fornecem subsídios para diversos documentos técnicos do setor energético nacional.

A partir de 1996, a avaliação e a divulgação dos resultados da Eletrobras Procel passaram a ser uma atividade permanente da Eletrobras, que conta, desde então, com uma área especializada em seu quadro de funcionários. Para a avaliação dos resultados do Selo Procel Eletrobras, foram utilizadas metodologias baseadas na análise *top-down*, na qual era considerada a melhoria na eficiência energética dos equipamentos desde o início da concessão do Selo. Assim, a partir das vendas desses equipamentos no ano de interesse, obtinha-se a economia de energia e a redução na demanda de ponta ano a ano, permitindo que fossem, ainda, determinados os resultados acumulados (Eletrobras Procel, 1996).

O Relatório de Resultados da Eletrobras Procel teve sua divulgação restrita à equipe técnica do Programa e aos órgãos superiores da Eletrobras e do Ministério de Minas e Energia (MME) até 2005, com uma limitada divulgação em eventos técnicos e por meio da imprensa. A partir de 2006, esse relatório passou a ser distribuído aos principais parceiros do Programa, além de ser disponibilizado para *download*, no Portal Procel Info ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)), em sua versão completa e executiva, esta última em português, inglês e espanhol.



Figura 5.1 • Selo Procel Eletrobras

Junto à estratégia de ampliar a divulgação do Relatório de Resultados, a Eletrobras iniciou um processo de revisão das metodologias utilizadas para a determinação dos benefícios energéticos proporcionados pelo Selo Procel Eletrobras. Nesse mesmo ano, foi firmada uma parceria com a Universidade Federal de Itajubá (Unifei) para conduzir esse processo. Entre 2006 e 2010, foram revisadas as metodologias de determinação dos benefícios energéticos proporcionados pelo Selo Procel Eletrobras para refrigeradores, *freezers*, motores elétricos trifásicos, condicionadores de ar, lâmpadas fluorescentes compactas, sistemas de aquecimento solar de água e desenvolvida a metodologia para ventiladores de teto.

A Unifei foi selecionada para executar o projeto por ser uma referência em avaliação de resultados de atividades em eficiência energética, além de abrigar o Centro de Excelência em Eficiência Energética (Excen - figura 5.2), tendo realizado diversos trabalhos de medição e verificação nesse campo, muitos deles com a própria Eletrobras. Outro trabalho relevante conduzido pela universidade foi o desenvolvimento de metodologias de avaliação de programas nacionais de eficiência energética para a Comissão Econômica das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe (Cepal) - (Horta, 2011).



**Figura 5.2** • Centro de Excelência em Eficiência Energética - Unifei - Excen

Além da Unifei, o projeto de revisão das metodologias contou com a colaboração de várias instituições, destacando, entre elas, o MME, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e diversas associações de fabricantes.

A revisão das metodologias de avaliação procurou ampliar a credibilidade dos resultados da Eletrobras Procel, a partir da visão de especialistas externos ao Progra-

ma, assim como aproximá-las das orientações do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP), principalmente na avaliação ao longo da vida útil dos equipamentos, da degradação da eficiência no decorrer do tempo e do levantamento da linha de base para determinação dos ganhos energéticos.

## A metodologia adotada pela Eletrobras Procel

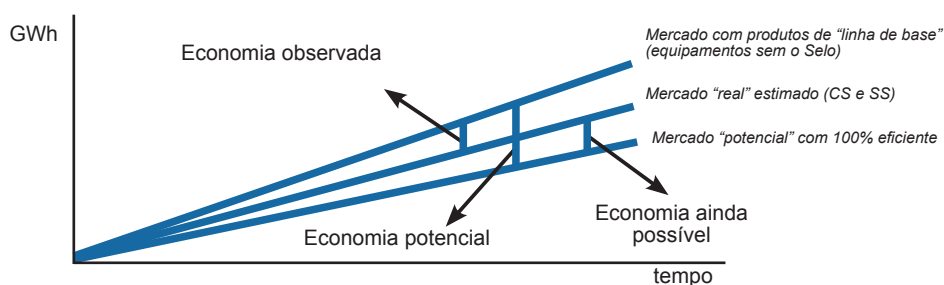
Para os sistemas de aquecimento solar de água (coletores solares e reservatórios térmicos), a metodologia para avaliação do impacto energético (economia de energia e redução de demanda de ponta) atribuído ao Selo Procel Eletrobras considerou as seguintes premissas:

- avaliação do impacto energético ao longo da vida útil dos equipamentos;
- consideração de duas categorias de eficiência, ou seja, com ou sem o Selo Procel Eletrobras;
- desagregação por região do país, para a inclusão dos efeitos de temperatura ambiente e radiação;
- consideração dos impactos da idade, ou seja, da perda de desempenho da eficiência do equipamento, ao longo de sua vida útil;
- avaliação em residências típicas nas cinco regiões do Brasil.

Foram consideradas três hipóteses de composição do parque de sistemas de aquecimento solar instalados no país. A primeira refere-se a um mercado fictício composto apenas por produtos da “linha de base” (LB) assumida nessa avaliação, ou seja, caso o parque de coletores solares no país fosse composto apenas por equipamentos sem o Selo Procel Eletrobras. A segunda refere-se à situação real da composição do parque de coletores instalados no país, ou seja, parte do parque com Selo Procel Eletrobras e outra parte sem o Selo Procel Eletrobras (Real). Por fim, a terceira hipótese de composição do parque é referente a um mercado fictício, no qual todos os equipamentos instalados no país possuem o Selo Procel Eletrobras (Potencial).

A cada hipótese de composição do parque de sistemas de aquecimento solar corresponde um consumo de energia elétrica, tendo em vista que, nos períodos de baixa insolação, o aquecimento da água deve ser efetuado por outra forma de energia, principalmente a elétrica. Para avaliar o desempenho de coletores solares, foi adotado

nessa metodologia o método da fração solar (Método F), bastante conhecido, e que estima a fração da energia convencional substituída pela energia solar. Conforme apresenta a figura 5.3, a partir da diferença entre o consumo do mercado da linha de base (primeira hipótese de composição do parque) e o consumo do parque real (segunda hipótese), é possível estimar a economia de energia atribuída ao Selo Procel Eletrobras em sistemas de aquecimento solar de água. A diferença entre o consumo da linha de base e o consumo potencial (terceira hipótese) representa o potencial de economia do Programa, obtida pela redução do consumo de energia elétrica devido à utilização de coletores solares mais eficientes, ou seja, com uma fração solar maior.



**Figura 5.3** • Evolução das curvas de consumo de apoio elétrico, considerando as hipóteses de parque de coletores solares (Os Autores)

## Modelagem para coletores solares

### Economia de energia (EE)

A economia de energia atribuída ao Selo Procel Eletrobras em coletores solares, desagregados por modelos representativos de cada região do país, pode ser obtida pela seguinte expressão:

$$EE = CEE_{LB} - CEE_{Real}$$

Onde:

EE – Economia de energia (GWh)

$CEE_{LB}$  – Consumo de energia elétrica do parque da linha de base (GWh)

$CEE_{Real}$  – Consumo de energia elétrica do parque real (GWh)

## Consumo de energia do apoio elétrico (CEE)

Para cada modelo representativo (de cada região do país), o consumo de energia atribuído à composição do parque de coletores solares referente a cada hipótese levantada é calculado pela seguinte equação:

$$CEE_k = \frac{(1 - F_m)_k \cdot Pot \cdot t \cdot N}{10^6}$$

Onde:

$CEE_k$  – Consumo anual de energia elétrica do apoio elétrico de equipamentos k (GWh)

$F_m$  – Fração solar média do sistema

Pot – Potência média do apoio elétrico (kW)

t – Tempo anual médio de funcionamento do apoio (horas)

N – Parque de coletores solares (milhões de residências)

K – Refere-se à hipótese de composição do parque de equipamentos (LB, Real ou Potencial)

A fração solar do sistema, nessa abordagem, deve ser corrigida pelos efeitos de degradação de eficiência. Logo, o parque (N), referente a cada unidade homogênea de equipamentos consumidores de energia, deve ser desagregado por idade para a inclusão desse efeito.

## Parque de equipamentos (N)

O parque de equipamentos (milhões de residências) de um determinado ano j, desagregado por modelos representativos, é estimado pela seguinte equação:

$$N_j = \frac{\sum_{i=0}^n V_i - S_j}{AM}$$

Onde:

V – Vendas de coletores solares (milhões de m<sup>2</sup>)

S – Função degrau de sucateamento dos coletores, no final da vida útil

AM – Área média do coletor por residência (m<sup>2</sup>)

i,n – Índices referentes à idade dos equipamentos (anos)

j – Índice referente ao ano de análise (anos)

### Fração solar média ( $F_m$ )

A fração solar média anual do parque de cada modelo representativo dos coletores solares é calculada conforme a seguinte equação:

$$F_{mK} = \frac{\sum_{i=0}^n F_{aiK} \cdot V_i}{\sum_{i=0}^n V_i}$$

Para a determinação da fração solar média anual  $F_{aiK}$  de coletores solares novos ou usados, utilizando o método da fração solar (F) calculada mês a mês, empregou-se a seguinte modelagem:

$$F_{aiK} = \left( \frac{i+1}{12} \right) \cdot FD_i$$

com, segundo a equação empírica de (Pereira *et al*, 2003)

$$F_{ik} = 1,029.F_y - 0,065.F_x - 0,245.F_y^2 + 0,0018.F_x^2 + 0,0215.F_y^3$$

Sendo,  $F_x$  e  $F_y$  parâmetros adimensionais propostos por Beckman, *et al*, *apud* (Pereira *et al*, 2003)

$$F_x = \frac{A.(FrUL)_K \cdot (100 - T_{amb}) \cdot N_{hm}}{3,6.C_i}$$

e

$$F_y = \frac{A.Fr(\tau\alpha)_K \cdot R_m \cdot N_{dias}}{3,6.C_i}$$



Para o caso da situação de mercado real, o  $F_{aReal}$  será:

$$F_{aReal} = (1 - Ps).F_{alB} + Ps.F_{aPotencial}$$

Onde:

F – Fração solar dos modelos representativos k

$F_x$  e  $F_y$  – Coeficientes adimensionais

A – Área do coletor de uma residência média (m<sup>2</sup>)

$N_{hm}$  – Número de horas do mês (h)

$Fr_{UL}$  – Coeficiente de eficiência global de troca (produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar, correspondente à inclinação da curva de eficiência térmica instantânea) (W/m<sup>2</sup>.°C)

$Fr(\tau\alpha)_k$  – Fator de remoção de absorção e transmissão (produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorvidade da tinta dos coletores, para ângulo médio de incidência da radiação direta) (W/m<sup>2</sup>.°C)

$R_m$  – Radiação média diária (J/m<sup>2</sup>)

$F_m$  – Fração solar média dos 12 meses do ano

$N_p$  – Número de moradores por domicílio em uma determinada região

$V_{\text{água}}$  – Volume de água consumido por morador (l/dia)

c – Calor específico da água (J/kg°C)

$T_{\text{banho}}$  – Temperatura de água do banho (°C)

$T_{\text{amb}}$  – Temperatura média ambiente da região no mês considerado (°C)

t – Tempo de banho (h)

$N_{\text{dias}}$  – Número de dias do mês

$FD_i$  – Fator de degradação de eficiência do equipamento de idade i

PS – Fração das vendas com o Selo Procel Eletrobras

Com essa modelagem, é possível avaliar a economia de energia atribuída ao Selo Procel Eletrobras, ao longo da vida útil dos coletores solares, incluindo os efeitos sazonais (temperatura ambiente e radiação) e de perda de desempenho.

Cabe ressaltar que efeitos de sombreamento e a falta de manutenção nos coletores solares não são considerados. Observa-se ainda que os valores médios das frações solares para cada região brasileira levam em conta informações climáticas fornecidas pelas Plataformas de Coletas de Dados (PCDs) do país e Atlas Solarimétricos.

## Redução de demanda de ponta (RDP)

Para as estimativas da Redução de Demanda de Ponta (RDP), no âmbito de coletores solares térmicos, utilizou-se a seguinte modelagem:

$$RDP = N_{CS} \cdot RMP \cdot FCP$$

Onde:

RDP – Redução de demanda de ponta (MW)

$N_{CS}$  – Número de residências com coletores solares com Selo Procel Eletrobras (milhões)

RMP – Redução média de potência (Potência do chuveiro – Potência auxiliar) (W)

FCP – Fator de Coincidência de Ponta

## Modelagem para reservatórios térmicos

### Economia de Energia ( $EE_R$ )

Para os cálculos da economia de energia elétrica atribuída ao Selo Procel Eletrobras em reservatórios térmicos, utiliza-se a seguinte modelagem:

$$EE_R = PP_{LB} - PP_{Real}$$

com,

$$PP_K = \frac{N \cdot 100}{V_r} \cdot PM_K$$

onde,

$$PM_K = \frac{\sum_{i=0}^n PR_{iK} \cdot V_i}{\sum_{i=0}^n V_i}$$

e,

$$PR_{iK} = PMR_k \cdot V_r \cdot FDR_i \cdot 12$$

Para o caso da situação de mercado real, o  $PR_{iReal}$  será:

$$PR_{iReal} = (1 - Fs).PR_{iLB} + Fs.PR_{iPotencial}$$

Onde:

$PP_K$  – Perda de energia do parque de reservatórios térmicos (GWh)

$PM_K$  – Perda média anual específica do parque de reservatórios (kWh)

$PR_{iK}$  – Perda de energia de um reservatório do modelo equivalente K e de idade i (kWh)

$PMR_K$  – Perda média de energia específica mensal do modelo equivalente K (kWh/mês.l)

V – Venda de coletores solares no ano ( $m^2$ )

$V_r$  – Volume do reservatório equivalente (l)

A – Área média do coletor solar ( $m^2$ )

N – Parque de coletores solares ( $m^2$ )

$FD_{Ri}$  – Fator de degradação de eficiência do equipamento de idade i

FS – Fração de reservatórios vendidos com o Selo Procel Eletrobras

100 – Refere-se ( $100 l/m^2$ ), ou seja, para cada  $m^2$  de coletor, necessita-se de um volume de 100 litros de reservatório térmico

### **Redução na demanda de ponta ( $RDP_R$ )**

Para as estimativas da redução de demanda de ponta, utilizou-se a seguinte modelagem:

$$RDP_R = \frac{EE}{t \cdot FC}$$

Onde:

FC – Fator de Carga (0,4)

t – Tempo anual de operação (8.760 horas)

## Resultados em 2010/2011

Para a aplicação da metodologia de avaliação, são necessárias algumas informações de mercado e a caracterização da classe residencial. Algumas dessas principais informações são apresentadas a seguir.

Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, realizada em 2005 e publicada em 2007 pela Eletrobras Procel (Eletrobras Procel, 2007), o tempo médio de banho por morador, em nível Brasil, considerando as diferentes regiões, está em torno de 10 minutos. De acordo com informações da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios/ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2010), existem cerca de quatro moradores por domicílio no país. A área média de coletores solares no país corresponde a cerca de 3 m<sup>2</sup> por domicílio (Eletrobras Procel; PUC Minas/Green Solar, 2009). Segundo informações de fabricantes, considerou-se em 20 anos o tempo de vida útil dos sistemas de aquecimento solar, e que estes perdem cerca de 20% de desempenho ao longo do tempo.

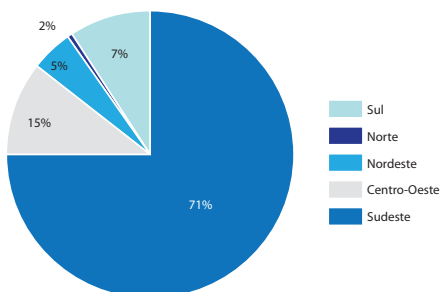
As informações mensais meteorológicas (radiação e temperatura), por região do país, para os cálculos da fração solar mensal e média anual para cada região, foram obtidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), Atlas Solarimétricos da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF).

Conforme divulgado pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava), em 2010<sup>1</sup>, foram instalados no Brasil 967 mil m<sup>2</sup> de coletores solares e cerca de 290 mil reservatórios térmicos (Abrava, 2011). Esses equipamentos contribuíram para a composição do parque instalado naquele ano, utilizado para estimar as economias de energia e a redução na demanda de ponta a serem atribuídas ao Selo Procel Eletrobras. Cabe destacar que dessa área total de coletores solares instalados, 870 mil m<sup>2</sup> correspondem a aquecimento solar para banho, objeto desta avaliação. A potência elétrica média substituída foi considerada a de um chuveiro elétrico de 4,5 kW, e o fator de diversidade adotado foi de 30%.

Com a metodologia de avaliação elaborada, as principais informações de mercado e com a caracterização da classe residencial, avaliou-se que a economia de energia elétrica proporcionada pela utilização dos coletores solares com Selo Procel Ele-

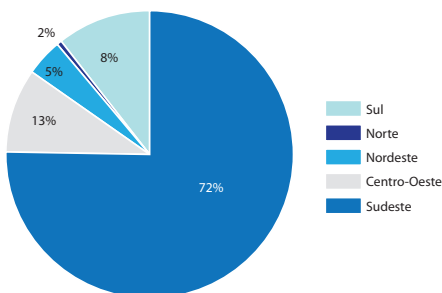
<sup>1</sup> A Abrava divulgou em março de 2012 que o mercado de aquecimento solar cresceu 6,5% em 2011. Foram produzidos 1,029 milhão de m<sup>2</sup> de coletores solares, elevando a área instalada no Brasil para 7,31 milhões de m<sup>2</sup>. Fonte: sítio Revista Fator ([www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=197900](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=197900))

trobras foi de 29,38 GWh, e a redução na demanda de ponta chegou a 399,56 MW. O gráfico 5.1 apresenta a divisão regional da economia de energia proporcionada pelos coletores solares com Selo Procel Eletrobras em 2011 (Eletrobras Procel, 2012).



**Gráfico 5.1** • Distribuição regional da energia economizada pelos coletores solares com Selo Procel Eletrobras em 2011 (Os Autores)

Já os reservatórios térmicos com Selo Procel Eletrobras ajudaram a economizar 22,64 GWh, além de propiciarem uma redução de 6,46 MW na demanda de ponta. O gráfico 5.2 mostra a distribuição da energia economizada pelo uso dos reservatórios com Selo Procel Eletrobras em cada região do Brasil.



**Gráfico 5.2** • Distribuição regional da energia economizada pelos reservatórios térmicos com Selo Procel Eletrobras em 2011 (Os Autores)

A tabela 5.1 sintetiza os resultados energéticos proporcionados pelos sistemas de aquecimento solar, ou seja, a soma dos resultados dos coletores solares e dos reservatórios térmicos.

**Tabela 5.1** • Economia de energia proporcionada pelo Selo Procel Eletrobras em sistemas de aquecimento solar em 2011 (Os Autores)

Região	Economia (GWh)
Sul	3,75
Sudeste	37,16
Centro-Oeste	7,47
Nordeste	2,74
Norte	0,91
<b>Brasil</b>	<b>52,03</b>

## Conclusões

A economia total obtida é suficiente para atender a quase 23 mil residências em um ano, levando-se em conta um consumo residencial médio 153,9 kWh/mês (EPE, 2011). Esse resultado equivale, ainda, à energia produzida por uma pequena central hidrelétrica (PCH) de 9 MW, para um fator de capacidade de 0,60 e perdas técnicas de 15%. Concluindo, é importante observar que esses resultados de economia de energia correspondem efetivamente apenas ao impacto do Selo Procel Eletrobras dos coletores solares e reservatórios térmicos, devido ao incremento de eficiência induzido por esse selo. A economia de energia associada ao uso de sistemas solares de aquecimento de água, em substituição às fontes energéticas convencionais (eletricidade, gás etc), é maior, mas naturalmente não pode ser atribuída ao Selo Procel Eletrobras. Por fim, cabe mencionar que os resultados do Selo Procel Eletrobras estão inter-relacionados ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Inmetro, tendo em vista serem programas complementares, um colaborando com o sucesso do outro.

## Referências

ABRAVA. Associação Brasileira de Refrigeração Ar Condicionado Ventilação e Aquecimento. Notícias Abrava. In.: **Revista Abrava**, Edição 294, Agosto 2011, p. 53. Disponível em: <<http://www.newsflip.com.br/pub/revistasol//index.jsp?edicao=2177>>. Acesso em: 27 de fevereiro de 2012

ELETOBRAS PROCEL; PUC MINAS/GREEN SOLAR. **Avaliação de instalações de aquecimento solar no Brasil**. Brasília, 2009.

ELETOBRAS 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**. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

\_\_\_\_\_. **Resultados do Procel em 1996: economia de energia e redução de demanda na ponta em 1996 e revisão dos resultados obtidos entre 1993-1995**. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_. **Resultados do Procel 2012: ano base 2011**. Rio de Janeiro, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**, Rio de Janeiro, ano 4, n.º 40, jan. 2011.

HORTA, Luis Augusto et al. **Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América Latina y el Caribe**. Santiago: Nações Unidas, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra a Domicílio (PNAD)**, 2010.

## Aquecimento solar como medida de eficiência energética

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

O aproveitamento da energia solar por meio de coletores solares para aquecimento de água na classe residencial pode ser analisado sob diferentes pontos de vista: pelas Leis da Termodinâmica e pela redução do consumo de energia e atenuação na ponta de demanda da curva de carga da concessionária de energia elétrica. Isso faz a solução figurar no programa de eficiência energética da Aneel. Em todos os casos, os impactos se mostram positivos e serão discutidos nesse capítulo.



## A análise termodinâmica

A análise energética de tecnologias e do uso de combustíveis fósseis ou renováveis deve ser feita à luz da Primeira e da Segunda Leis da Termodinâmica.

A Primeira Lei trata da conservação de energia, sendo a eficiência térmica ( $\eta$ ) avaliada simplesmente pela taxa com que a energia consumida ( $E_{cons}$ ) pelo equipamento, na forma de trabalho ou calor, é convertida em energia útil ( $Q_{util}$ ). Sua equação pode ser expressa na forma:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{util}}{\dot{E}_{cons}}$$

Assim, a eficiência térmica de um aquecedor elétrico de passagem é dada pela razão entre a taxa de energia que é transferida para a água e sua potência elétrica. Para os coletores solares, o numerador é o mesmo, sendo o denominador substituído pelo produto da radiação solar incidente e a área do coletor. Os valores obtidos para eficiência térmica média de chuveiros elétricos e coletores solares pela Primeira Lei são da ordem de 95% e 50%, respectivamente.

Entretanto, para se identificarem usos mais eficientes para determinado equipamento ou combustível devem ser aplicadas as leis de conservação de massa e energia juntamente com a Segunda Lei da Termodinâmica. Dessa forma, são incorporadas não apenas medidas de quantidade de energia, mas também de sua qualidade. A propriedade termodinâmica que unifica tal análise é conhecida como exergia (ex), definida como o trabalho máximo que pode ser realizado pelo fluido durante um processo em determinada condição ambiental de referência. Portanto, informalmente, pode-se afirmar que a energia elétrica é exergia pura e deve, por isso, ter seu uso mais nobre e eficiente.

Para escoamento de um fluido em regime permanente com vazão mássica  $m$ , e considerando-se os pontos de entrada e saída, subscritos E e S, respectivamente, tem-se:

Para a taxa de variação de energia (e) do fluido:

$$(E_S - E_E) = \dot{m} (h_S - h_E)$$

Para a taxa de variação da exergia (ex) do fluido:

$$(EX_S - EX_E) = \dot{m} [(h_S - h_E) - T_0 (s_S - s_E)]$$

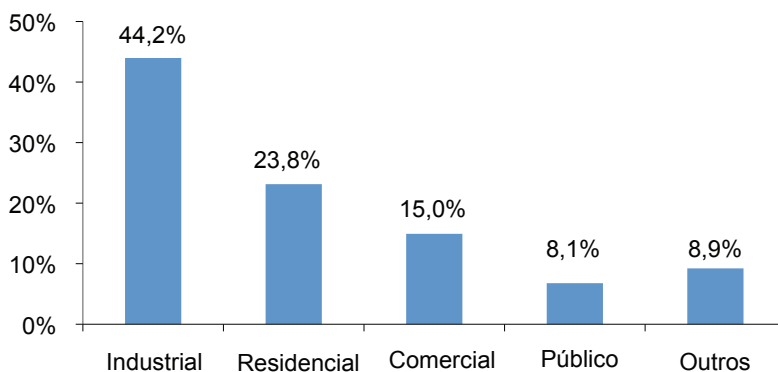
na qual  $h$  e  $s$  representam as propriedades termodinâmicas específicas: entalpia e entropia, respectivamente.  $T_0$  é a temperatura ambiente de referência.

Para exemplificar o cálculo dessas grandezas, vamos considerar o aquecimento da água com vazão de 0,05 kg/s (correspondente a três litros por minuto), temperaturas da água à entrada e saída do equipamento iguais a 20° C e 40° C, respectivamente, e temperatura de referência de 293 K (20° C).

Nessas condições, podem-se comparar as taxas de variação de energia e de exergia da água com valores de 4,18 kW e 0,14 kW, respectivamente, ou seja, o aumento na capacidade de realizar trabalho obtido durante o aquecimento da água de 20° C a 40° C é bastante reduzido. Se tal processo é promovido por energia elétrica em um chuveiro de potência igual a 4,4 kW, por exemplo, leva-nos a concluir que a eficiência exergética do processo é igual a 3%. Portanto, conclui-se que, na utilização de energia elétrica para aquecimento de água nas condições usuais de banho, 97% da energia disponível para realizar trabalho são perdidos, e, assim, a utilização de aquecedor solar constitui-se em uma importante medida de eficiência energética.

## Consumo de energia elétrica na classe residencial

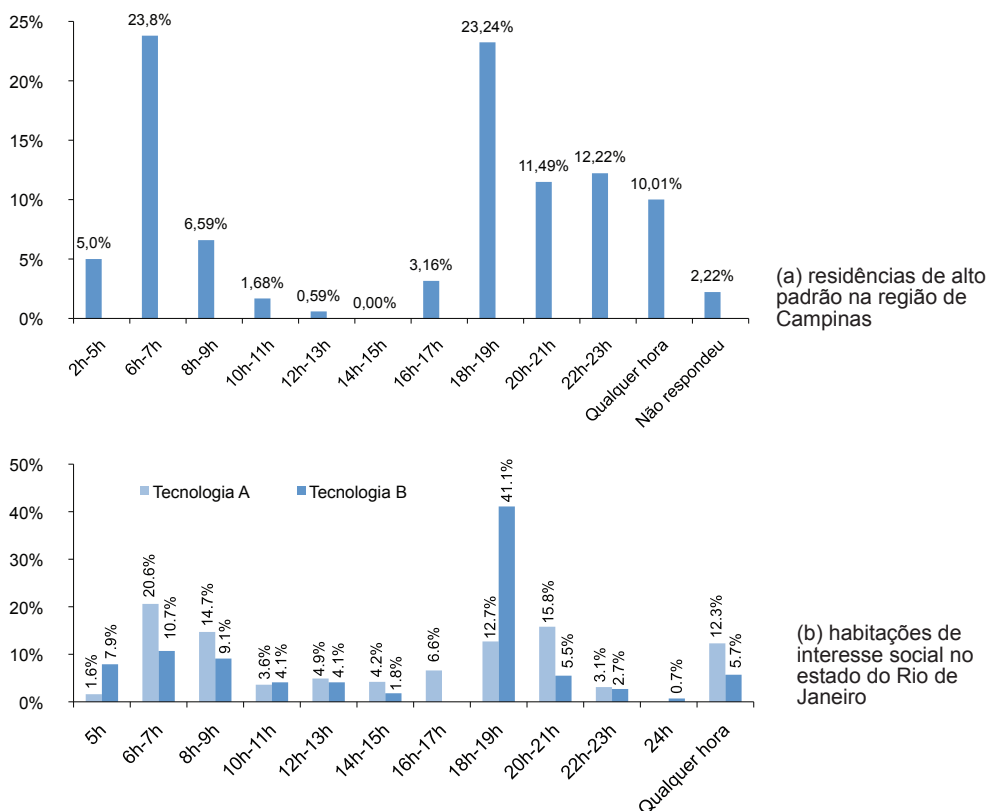
Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2011 - a), em 2010 o consumo de eletricidade na classe residencial foi de 108,5 TWh, ou seja, 23,8% do consumo total brasileiro, como ilustrado no gráfico 6.1. Esse valor corresponde a um aumento de 6,6% entre 2009 e 2010.



**Gráfico 6.1** • Estrutura de consumo de eletricidade (EPE, 2011 - a)

Ainda segundo a EPE (2011 - b), a evolução estimada para o consumo residencial de eletricidade no Brasil é de uma expansão média anual de 4,5% no período 2010-2020, atribuída ao efeito combinado de um crescimento médio de 2,3% ao ano do número de consumidores e do crescimento de consumo por unidade habitacional da ordem de 2,2% ao ano. Mantido esse ritmo, o consumo por residência ao final de 2020 deverá situar-se em torno de 190 kWh/mês, ou seja, 24% superior ao praticado em 2010 (154 kWh/mês).

Os gráficos a seguir confirmam o hábito da população de concentrar os banhos no início da manhã e ao final da tarde, em residências de alto padrão ou em habitações de interesse social (gráfico 6.2 - a,b), sendo considerado tecnologia A o aquecedor solar com coletores metálicos e de classificação A, na Tabela do Inmetro, e tecnologia B o modelo que utiliza coletores poliméricos com classificação D.



**Gráfico 6.2 - a,b** • Hábito de banho dos brasileiros por autodeclaração durante o projeto de Avaliação de Sistemas de Aquecimento Solar (Eletrobras Procel; PUC Minas/Green Solar, 2009)

## Programa de Eficiência Energética da Aneel

Em relação ao uso do aquecimento solar em habitações de interesse social, a partir do ano 2000, várias iniciativas foram tomadas para disseminar a tecnologia, principalmente para a população de baixa renda. Em grande maioria, foram utilizados recursos supervisionados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), provenientes do investimento de 0,5% da receita operacional líquida das concessionárias de energia elétrica em ações do Programa de Eficiência Energética (PEE), previsto pelas Leis nº 9.991 (Brasil, 2000) e nº 12.212 (Brasil, 2010).

Os projetos, que devem apresentar uma relação custo-benefício de, no máximo, 80%, podem ser voltados tanto à oferta quanto à demanda de energia elétrica, sendo que, após a promulgação da Lei nº 12.212/2010, 60% dos recursos previstos devem ser aplicados em projetos voltados a consumidores beneficiados pela tarifa social. Tais recursos podem ser utilizados para substituição de equipamentos ineficientes, ações educacionais, melhoria nas instalações elétricas, bem como para a instalação de sistemas de aquecimento solar, entre outros. Desde 2008, R\$ 1,8 bilhão já foi investido, o que resultou em 1,82 mil GWh/ano de energia economizada. Somente em aquecimento solar de água, foram investidos aproximadamente R\$ 98 milhões, que permitiram uma economia de 29 mil MWh/ano, em mais de 46 mil projetos apresentados (Aneel, 2011).

Parcerias importantes foram celebradas pela Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), Light Serviços de Eletricidade, Centrais Elétricas de Santa Catarina (Celesc), Companhia de Energia do Estado de Goiás (Celg) e AES Eletropaulo e respectivos órgãos estaduais de habitação para a realização de empreendimentos para inclusão do aquecimento solar de água em grandes conjuntos habitacionais (figura 6.1).



**Figura 6.1** • Projeto Cemig/Cohab (MG) de aquecimento solar em Betim (Costa, 2009)

## Referências

BRASIL. Governo Federal. **Lei n.º 9.991 de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, 2000. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/lei20009991.pdf>>. Acesso em: 25 de dezembro de 2011

\_\_\_\_\_. Governo Federal. **Lei n.º 12.212 de 20 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre a Tarifa Social de Energia Elétrica e dá outras providências. Brasília, 2010. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12212.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12212.htm)>. Acesso em: 25 de dezembro de 2011.

COSTA, M. L. Programa Lares Habitação Popular. In.: **Curso de capacitação em aquecimento solar** (Agosto de 2009, Caixa Econômica Federal).

ELETOBRAS PROCEL; PUC MINAS/GREEN SOLAR. **Avaliação de instalações de aquecimento solar no Brasil**. Brasília, 2009.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço energético nacional 2011**: ano base 2010. Rio de Janeiro, 2011- a. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 2011.

\_\_\_\_\_. **Nota técnica Diretoria de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais (DEA) 03/11**: projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2011-2020). Rio de Janeiro, 2011 - b.

## Análise do impacto do uso do aquecimento solar para o setor elétrico

**Ary Vaz Pinto Junior** *Cepel*

**José Carlos de Souza Guedes** *PUC-Rio*

Este capítulo compara, do ponto de vista da concessionária de energia elétrica, os custos de compra e instalação de um sistema de aquecimento solar (SAS) para banho, com os de expansão do sistema de distribuição e os benefícios decorrentes da possibilidade de usar a potência disponibilizada para vender energia a consumidores com um melhor fator de carga.

## Introdução

O uso de chuveiros elétricos no Brasil para o aquecimento de água é uma prática amplamente disseminada nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Segundo a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, ano base 2005 (Eletrobras Procel, 2007), o uso de energia elétrica para o aquecimento de água para o banho é recorrente em 73,5% dos domicílios brasileiros e destes, 99,6%, quase a totalidade, utilizam o chuveiro elétrico.

Estudos divulgados por várias concessionárias de energia elétrica do país caracterizam o chuveiro elétrico como uma carga que contribui, de forma acentuada, para o aumento da demanda de potência ao sistema elétrico no horário de ponta, período este composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico de acordo com a Resolução Normativa nº 414 (Aneel, 2010). Esse problema é decorrente do fato de que os banhos ocorrem geralmente nesse horário. Esse equipamento também possui um baixo conteúdo energético (demanda elevada e um período de uso curto). Outro fator negativo, do ponto de vista das concessionárias, é o fato de não haver cobrança de tarifa horossazonal para os consumidores que fazem uso do chuveiro.

Com a finalidade de atenuar essa situação, diversas concessionárias têm realizado a instalação de sistemas de aquecimento solar (SAS) em residências de clientes de baixa renda e instituições filantrópicas, fazendo uso da verba dos programas de eficiência energética.

A utilização de aquecedor solar para o aquecimento de água para banho, além de utilizar o sol como fonte de energia (limpa e gratuita), não compromete o conforto e a qualidade de vida dos usuários e traz benefícios para a sociedade nos seus diversos segmentos. As concessionárias de distribuição de energia elétrica reduzem a demanda no horário de ponta, postergam investimentos na ampliação da capacidade instalada e disponibilizam a potência retirada do horário de ponta (observe-se que o fator de carga associado aos chuveiros elétricos é baixo) para suprir outros consumidores com melhor fator de carga. Os usuários reduzem o consumo de energia elétrica, têm disponibilidade de água aquecida durante a falta de energia elétrica e ficam menos expostos ao aumento das tarifas de energia.

Desta forma, o uso de aquecedor solar para aquecer a água do banho ajuda a reduzir o impacto ambiental, fator importante para o desenvolvimento sustentável do Brasil.

Apesar das vantagens apresentadas, o uso do aquecedor solar não é fortemente difundido no Brasil, sendo a principal barreira o alto custo de aquisição e instalação deste sistema, quando comparado ao preço da principal tecnologia concorrente: o chuveiro elétrico.

## Características do sistema de aquecimento solar de água

O sistema de aquecimento de água para banho, considerado neste estudo, é o especificado no Termo de Referência Sistema de Aquecimento Solar de Água - SAS (CAIXA, 2011-a), utilizado no programa habitacional Minha Casa Minha Vida (PMCMV), do governo federal, cujas características são as seguintes:

- Custo máximo de aquisição e instalação do SAS: R\$ 2.000,00 (dois mil reais).
- Capacidade nominal do reservatório: 200 litros.
- Categoria banho e classificado como A ou B na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), para qualquer uma das regiões do Brasil.

## Metodologia

A metodologia utilizada está baseada no item 5.5 do Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, aprovado pela Resolução Normativa nº 300 (Aneel, 2008). Os cálculos a seguir serão feitos considerando-se uma única residência numa região qualquer do Brasil.

### Cálculo da Redução de Demanda na Ponta (RDP)

$$RDP = NR \times NC \times (PC - P_{AUX}) \times FD \times 10^{-3} [\text{kW}],$$

sendo:

**NR** – número de residências atendidas.

**NC** – número médio de chuveiros por residência.

**PC** – potência máxima típica dos chuveiros utilizados [W].



**P<sub>AUX</sub>** – potência média do aquecimento auxiliar por residência [W]. Este dispositivo é utilizado para manter a água aquecida quando o tempo fica muito nublado ou chuvoso por vários dias, ou quando o número de banhos fica acima do dimensionamento inicial. O aquecimento pode ser feito através de resistência elétrica ou gás. No caso em análise, o aquecimento será através de resistência elétrica.

**FD** – fator de diversidade de demanda do chuveiro na ponta. Considerando-se um único chuveiro elétrico, o fator de diversidade é o percentual do tempo que o equipamento (chuveiro elétrico) fica ligado em relação a um período pré-estabelecido (no caso, o período do horário de ponta).

As premissas adotadas para calcular o valor da RDP estão descritas a seguir:

$$\mathbf{NR} = 1$$

$$\mathbf{NC} = 1 \text{ (valor arbitrado próximo à média nacional – 0,89).}$$

**PC** = 4.400 W (potência de chuveiro elétrico mais utilizada em todas as classes de consumo – Eletrobras Procel, 2007).

$$\mathbf{P_{AUX}} = 800 \text{ W, valor mais conservador (Aneel, 2008).}$$

$$\mathbf{FD} = 0,1 \text{ (Aneel, 2008).}$$

Os valores de **NC** e **PC** estão baseados na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso.

Portanto, tem-se que:

$$\mathbf{RDP} = \mathbf{0,36 \text{ kW}}$$

### **Cálculo da Energia Economizada (EE)**

$$EE = FS \times PC \times NB \times T/60 \times 365 \times 10^{-6} \text{ [MWh/ano]},$$

sendo:

**FS** – fração solar (fração de energia consumida para o aquecimento da água que foi fornecida pelo sistema solar).

**NB** – número médio de banhos por residência.

**T** – tempo de duração do banho.

As premissas adotadas para calcular o valor da EE estão descritas a seguir:

**FS** = 73,5% (valor médio do Brasil, obtido através de informações climáticas de diversas Plataformas de Coletas de Dados – PCD – e Atlas Solarimétricos).

**NB** = 4 (valor médio por domicílio, a cada duas pessoas, no Brasil, Sistema de Informação de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (Eletrobras Procel, 2007).

**T** – 10 minutos (Eletrobras Procel, 2007).

Logo:

**EE = 0,787 MWh/ano.**

## Avaliação econômica

A metodologia utilizada nesta seção está baseada no estudo “Avaliação técnico-econômica da experiência piloto de gerenciamento de demanda na área de concessão da Light” (Pinto, 1999). Os cálculos apresentados a seguir estão normalizados para uma única residência.

### Avaliação econômica do ponto de vista da concessionária

#### Custos preliminares

O custo do investimento para aquisição e instalação de um sistema de aquecimento solar de água é de R\$ 2.000,00.

#### Custos marginais e tarifas

Adotou-se o valor de R\$ 57,10/kW.ano para o custo marginal de expansão de longo prazo, na ponta, para a classe residencial (baixa tensão – Grupo B). Trata-se do valor utilizado no primeiro e segundo ciclo de revisões tarifárias periódicas (Aneel, 2010).

As tarifas de energia elétrica são divididas em dois grandes conjuntos de repasse de custos: Parcela A (custos não gerenciáveis que são apenas repassados para a tarifa de energia, tais como compra da energia, transmissão e encargos setoriais) e Parcela B (custos gerenciáveis, ou seja, administrados pelas próprias concessionárias, tais como custos operacionais, cota de depreciação e remuneração do investimento). A parte da comercialização da energia que é efetivamente apropriada pela distribuidora é a Parcela B, que será então utilizada para verificar qual a atratividade, do ponto de vista da concessionária, da instalação do sistema de aquecimento solar.

No âmbito deste trabalho, será utilizado o valor de R\$ 94,42/MWh para a Parcela B, que varia de concessionária para concessionária. Este valor corresponde a 30% (valor arbitrado) da tarifa média nacional de fornecimento do setor residencial, que é de R\$ 314,72/MWh (Aneel, 2011).

## **Análise da Relação Custo-Benefício**

### **a) Custos:**

Investimento: R\$ 2.000,00 (por sistema adquirido e instalado, (CAIXA, 2011 - b).

### **b) Benefícios:**

Postergação de investimentos

Custo marginal: R\$ 57,10 por kW.ano

Ganho, no sistema de distribuição, por sistema de aquecimento instalado: 0,36 kW

R\$/kW 57,10 x 0,36 kW = **R\$ 20,56/ano**

Energia Disponibilizada (ED) para Comercialização de Clientes com Melhor Fator de Carga (FC)<sup>1</sup>.

$$ED = DD \times 8760 \times 10^{-3} \text{ [MWh/ano]}$$

sendo:

**DD** – Demanda disponibilizada no sistema elétrico devido à retirada do chuveiro elétrico (0,36kW).

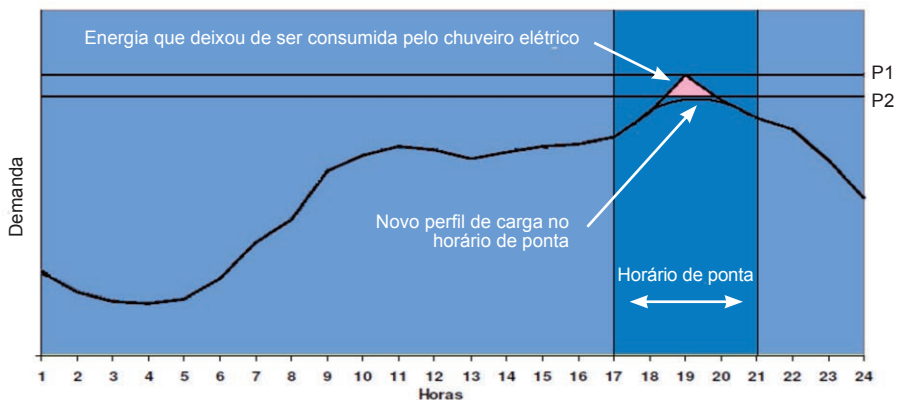
Portanto:

$$ED = 0,36\text{kW} \times 8760\text{h} = 3,15 \text{ MWh/ano}$$

Considerando que esta energia não será comercializada integralmente, será utilizado um fator de carga médio de 75% (valor arbitrado, uma vez que este fator varia de acordo com a concessionária) para calcular a energia comercializada. Fatores de carga baixos são indesejáveis para a concessionária, porque é necessário disponibilizar potência elevada para pequeno consumo de energia, como é o caso do chuveiro elétrico. No gráfico 7.1, pode-se ver que, na faixa de potência de  $P_1$  a  $P_2$ , há consumo de energia por um tempo relativamente pequeno.

---

<sup>1</sup> Fator de Carga é a relação entre a demanda média obtida com base no consumo e a demanda máxima de potência durante um período de tempo (um dia, uma semana, um mês, um ano etc).



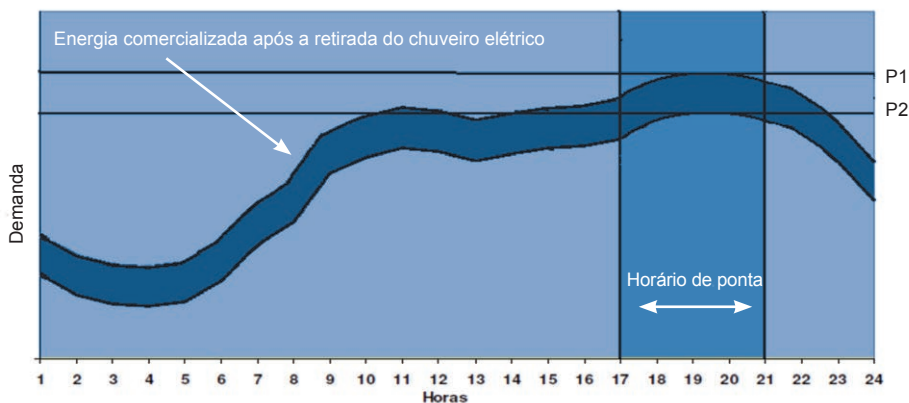
**Gráfico 7.1** • Curva de carga típica (meramente ilustrativa, o fator de carga da curva mostrada não é, necessariamente, igual a 75%)

O benefício obtido pela concessionária de energia (gráfico 7.2) consiste na diferença entre a energia que poderá ser comercializada após a substituição do chuveiro elétrico e a que era consumida por este:

Parcela B da Tarifa Média = 94,42 R\$/MWh

Benefício = 94,42 R\$/MWh x (3,15 x 0,75 – 0,787) MWh/ano

Benefício = R\$ 149,01/ano



**Gráfico 7.2** • Curva de carga obtida após a substituição dos chuveiros elétricos pelos aquecedores solares e a comercialização da energia disponibilizada pelos consumidores cujo fator de carga foi assumido como sendo igual ao fator de carga médio da concessionária (arbitrado em 75%)

O benefício anual total, do ponto de vista da concessionária, com a retirada do chuveiro elétrico, é obtido somando-se os benefícios resultantes da comercialização

da energia para consumidores com melhor fator de carga e a postergação do investimento no sistema de distribuição:

Valor Anual Total:  $149,01 + 20,56 = \mathbf{R\$ 169,57}$

### c) Cálculo do Valor Presente (VP)

A avaliação econômica da troca do chuveiro elétrico por um sistema de aquecimento solar será feita calculando-se o VP dos benefícios anuais obtidos ao longo dos 20 anos de vida útil do sistema de aquecimento solar (Aneel, 2008) e dividindo-o pelo custo de sua aquisição e instalação (R\$ 2.000,00). Também foi utilizada a taxa de desconto de 11% a.a. (taxa Selic, dezembro de 2011). Adotou-se a taxa Selic uma vez que a taxa de desconto varia de concessionária para concessionária.

#### Premissas adotadas:

Taxa de desconto: 11% a.a.

Vida útil do sistema de aquecimento solar: 20 anos.

$$VP = R \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

sendo:

VP – Valor Presente

R – benefício anual total, calculado anteriormente (montante a ser retirado em cada um dos  $n$  períodos subsequentes - neste caso,  $R = \mathbf{R\$ 169,57}$ ).

$i$  – taxa de juros (neste caso,  $i = 0,11$ ).

$n$  – período de vida útil ( $n = 20$ )

Assim, tem-se que:

Valor Presente (VP) = **R\$ 1.350,34**

Dividindo-se o Valor Presente pelo investimento, obtém-se **0,68**.

## Avaliação econômica do ponto de vista do consumidor

### Custo efetivo de aquisição do sistema de aquecimento solar

Este custo será obtido subtraindo-se do valor referente ao custo de aquisição e instalação do sistema de aquecimento solar (R\$ 2.000,00) as parcelas referentes a: um subsídio fornecido pela concessionária (68% do custo de aquisição e instalação de um sistema de aquecimento solar) e ao custo de aquisição de um chuveiro elétrico (potência de 4.400 W).

O custo de aquisição de um chuveiro elétrico de 4.400W utilizado será de **R\$ 31,83**, obtido em dezembro de 2011 através da média de preço de três fornecedores distintos.

Custo preliminar: R\$ 2.000,00 – R\$ 31,83 – R\$ 1.360,00 = **R\$ 608,17**

### Benefício

O benefício do consumidor é obtido através do produto da economia de energia anual gerada pela troca do chuveiro elétrico pelo sistema de aquecimento solar, obtido anteriormente (0,787 MWh/ano) pelo valor cheio da tarifa média nacional de fornecimento do setor residencial, que é de R\$ 314,72/MWh (Aneel, 2011).

Benefício anual: 0,787 MWh/ano x R\$ 314,72/MWh = **R\$ 247,68**.

### Tempo de Retorno (TR)

O tempo de retorno para os valores de investimento e benefício, obtidos acima, será calculado considerando a taxa de desconto de 11% a.a. (taxa Selic de dezembro de 2011).

$$TR = - \frac{\ln(1 - C.i / P)}{\ln(1 + i)}$$

sendo:

TR – Tempo de Retorno

i – taxa de juros (neste caso,  $i = 0,11$ )

C – investimento (R\$ 608,17)

P – benefício (R\$ 247,68)

Tempo de retorno = **3 anos**.

## Conclusões

A troca de chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar traz benefícios técnicos, já citados anteriormente, para as concessionárias. Do ponto de vista financeiro, a substituição dos chuveiros elétricos pelos sistemas de aquecimento solar como estratégia de atendimento ao crescimento da demanda (fornecimento de energia elétrica a novos consumidores) não se justifica.

Por outro lado, a análise feita no âmbito deste trabalho mostra que uma concessionária de distribuição de energia elétrica poderia subsidiar até 68% do valor de um sistema de aquecimento solar de água, sem perdas financeiras.

Do ponto de vista do consumidor, se o mesmo recebesse um subsídio de 68% do custo de aquisição e instalação de um sistema de aquecimento solar de água, o tempo de retorno do investimento seria de três anos, o que configura um período razoavelmente atrativo.

É evidente que a análise aqui realizada consistiu apenas num exercício teórico (na prática, alguns projetos contemplam um sistema híbrido, com aquecimento solar e chuveiro elétrico de baixa potência), não tendo a pretensão de gerar conclusões definitivas sobre a troca de chuveiros elétricos por sistemas de aquecimento solar de água.

## Referências

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Consumidores, consumo, receita, tarifa média:** por classe consumo, Brasília: 2011.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota técnica n.º 360:** Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica. Brasília: 2010.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa n.º 300:** Manual para elaboração do Programa de Eficiência Energética. Brasília, 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2008300.pdf>>. Acesso em: 2011.

\_\_\_\_\_. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa n.º 414.** Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2012.

CAIXA Econômica Federal. **Aquecimento solar de água:** SAS. Brasília, 2011 - b. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/asp/download.asp>>. Acesso em: 11 de novembro de 2011.

\_\_\_\_\_. **Termo de referência:** sistemas de aquecimento solar de água. Brasília, 2011 - a. Disponível em: <<http://www1.caixa.gov.br/download/asp/download.asp>>. Acesso em: 11 de novembro de 2011.

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. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

PINTO Jr., A. V.; SOUZA, F. C.; SANTOS, B. V. **Avaliação técnico-econômica da experiência piloto de gerenciamento de demanda na área de concessão da Light.** In: Anais... Encontro Luso-Afro-Brasileiro de Planejamento e Exploração de Redes de Energia, 1999.





## Contagem +10: experiência em comunidade de baixa renda

**Jane Tassinari Fantinelli** *NIPE - Unicamp*

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

Este capítulo descreve a experiência realizada no município de Contagem (MG) referente à instalação de sistemas de aquecimento solar de água em uma comunidade de baixa renda. Depois da instalação, feita em 2000, foi iniciado um acompanhamento de forma a comparar e avaliar o uso desses sistemas por um período de cinco anos. A equipe técnica voltou à localidade 10 anos mais tarde, em outubro de 2011, e mostra neste capítulo os principais resultados referentes à situação das instalações, problemas detectados, benefícios etc.

## Introdução

Em novembro de 2000, iniciava-se pioneiramente no conjunto habitacional Sapucaias, em Contagem (MG), a instalação e o acompanhamento continuado do desempenho de aquecedores solares em 100 habitações populares. O projeto, coordenado pelo Grupo de Estudo em Energia Solar da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), foi financiado pela Eletrobras Procel e constituiu-se na primeira experiência brasileira desenvolvida em área urbana e destinada ao segmento de baixa renda. Nele, a população envolvida autogeriu suas moradias, por regime de mutirão, e foi partícipe na instalação dos coletores solares. Esse programa teve o objetivo de avaliar os resultados econômicos relativos ao consumo evitado de energia elétrica e à apropriação dessa nova tecnologia pelos moradores.

## Dimensionamento da tecnologia

O sistema implantado no conjunto habitacional Sapucaias foi dimensionado para uma família de cinco pessoas, e a tecnologia consistia em placa coletora metálica de 2 m<sup>2</sup>, reservatório térmico de inox de 200 litros, funcionamento em termossifão e os equipamentos possuíam Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia. Foram implantados dois tipos de sistemas (figura 8.1 - a,b,c), com um coletor apoiado no telhado e o reservatório no interior da moradia (30 unidades), e outro com placa coletora e reservatório fixo em uma única estrutura portante (70 unidades).

Como forma complementar de aquecimento, utilizaram-se resistências elétricas de 1.500 W em 79 reservatórios térmicos com possibilidade de serem acionadas manualmente no momento oportuno e em 21 moradias foram instalados chuveiros elétricos ligados no ponto de consumo. Segundo Pereira *et al* (2003), o custo unitário médio do sistema instalado foi de R\$ 930,00.

Entre as variáveis importantes para que seja garantida a eficiência do sistema e a persistência da economia de energia, destacam-se: manutenção de todos os componentes do equipamento; periodicidade de limpeza dos vidros que revestem as placas solares; cuidado para que não haja sombreamento nelas; dimensionamento adequado da quantidade de água quente pela quantidade de usuários (sem banhos muito demorados) e o acionamento adequado da resistência elétrica para o aquecimento da água nos



a



b



c

**Figura 8.1 - a,b,c** • Vista dos dois tipos de sistemas termossolares instalados no bairro Sapucaias, em novembro de 2000. (Pereira *et al.*, 2003)

dias sem sol. Os moradores foram orientados sobre esses pontos pelos pesquisadores no momento da instalação dos aquecedores solares e, posteriormente, durante as visitas de acompanhamento realizadas entre 2000 e 2005.

## Venda de coletores pelas famílias

A conscientização inicial sobre os benefícios econômicos da nova tecnologia de aquecimento da água do banho realizada pela equipe técnica, quando da implantação do projeto em 2000, não impediu que 33% dos equipamentos fossem comercializados à revelia dos organizadores do programa, o que pode ser constatado ao longo das visitas realizadas entre 2000 e 2005.

Entre os fatores identificados para o elevado índice de venda dos coletores solares, por valores muitas vezes insignificantes, frente ao custo da tecnologia e às próprias faturas mensais de consumo de energia elétrica, destacam-se os equipa-

mentos serem originados de doação (sem custos para o beneficiado): a facilidade do desmonte dos sistemas solares sem envolver reforma na moradia e a possibilidade de complementação de renda momentânea para a subsistência familiar. A recente pesquisa realizada em outubro de 2011 novamente registrou a comercialização de mais 31% dos equipamentos. Portanto, dos 100 sistemas inicialmente instalados, 10 anos depois restam apenas 46 aquecedores no conjunto habitacional.

## Uso da tecnologia e comportamento – metodologia

A caracterização quantitativa do desempenho de um produto em uso, avaliando a interação, adaptação e satisfação do usuário, visa verificar se as necessidades dos indivíduos foram alcançadas dentro de seu contexto social, econômico, cultural e físico-climático. A transformação das necessidades e da satisfação dos usuários em grandezas mensuráveis possibilita o estabelecimento e adoção de valores mínimos de referência, permitindo que sejam estabelecidos critérios e indicadores iniciais de desempenho. A análise de uso, operação, manutenção e comportamento do usuário frente a determinada tecnologia permite uma visão sistêmica das variáveis positivas e dos pontos falhos que intervêm na obtenção da eficiência máxima do equipamento ou sistema.

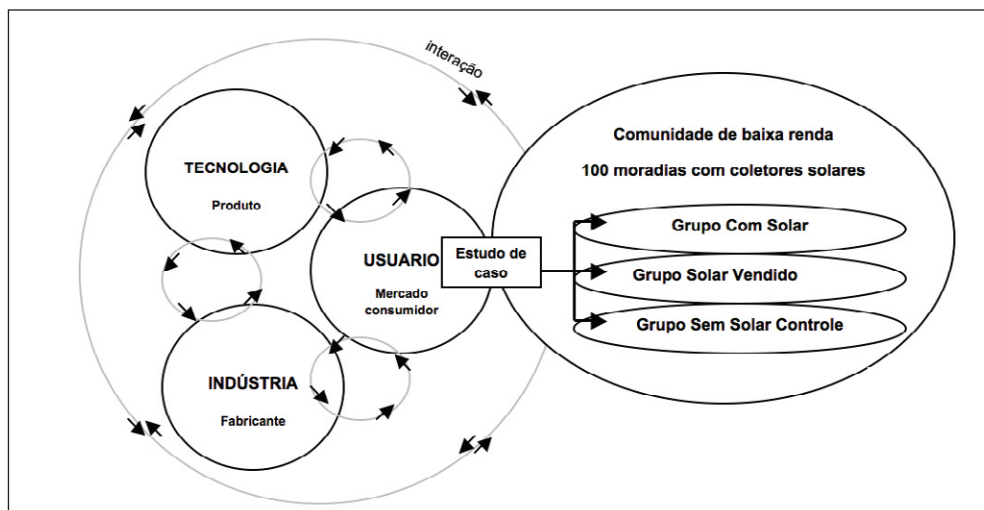
A primeira avaliação formal sobre o comportamento quanto ao uso e manutenção de um sistema de aquecimento solar, variáveis importantes para a validação da inserção deste tipo de equipamento entre as famílias de baixa renda, foi realizada em 2005 por Fantinelli e Green PUC Minas (Fantinelli, 2006), e, novamente, em 2011, por Fantinelli e Grupo de Energia Solar do Centro Universitário UNA de Belo Horizonte (MG).

A pesquisa investigou se houve mudanças de hábitos com o banho, se houve economia efetiva para a família e, em caso afirmativo, se essa economia repercutiu em ganho de qualidade de vida e nível de satisfação com o uso da tecnologia. A averiguação foi conduzida para identificar, também, quais os benefícios da redução de consumo de energia elétrica e de que forma ela se refletiu nos segmentos de baixa renda.

Em 2005, a análise realizada por Fantinelli (Fantinelli, 2006) constituiu três grupos distintos de famílias: Grupo Com Solar, formado pelas 67 famílias que permaneceram com o sistema de aquecimento solar (SAS); Grupo Solar Vendido, que incluía

as 33 famílias que venderam o sistema; e Grupo Sem Solar Controle, formado pelas famílias que não receberam o sistema. O estudo incluiu avaliação dos hábitos e ações adotadas para compatibilizar o consumo de energia com a renda familiar. A renda média residencial no Conjunto Sapucaias era de um a dois salários mínimos em 65% das famílias.

O diagrama a seguir (figura 8.2) mostra a metodologia adotada para abranger as interações entre as áreas da tecnologia, da indústria e do usuário final.



**Figura 8.2** • Diagrama da metodologia adotada para a análise das interações entre tecnologia, indústria e usuário no conjunto Sapucaias, em Contagem (MG)

A investigação no conjunto Sapucaias (figura 8.3 - a,b,c) abrangeu aspectos como as condições socioeconômicas do entrevistado (família); avaliação da habitação (localização, tipologia, vedações, cobertura); avaliação energética (consumo de energia elétrica, água, gás e lenha); avaliação da posse de eletrodomésticos e potencial de novas aquisições; avaliação do comportamento quanto ao banho (duração e horário de banho); avaliação do comportamento quanto à nova tecnologia e nível de satisfação; além da avaliação técnica do sistema de aquecimento solar.

Foram formuladas 70 perguntas com múltipla escolha, levantando dados de eventos cotidianos da vida dos moradores que passaram a usar a água para o banho aquecida por coletores solares. Foram utilizados os recursos de entrevistas, questionários aplicados aos moradores e registros fotográficos das unidades residenciais e dos sistemas de aquecimento solar.



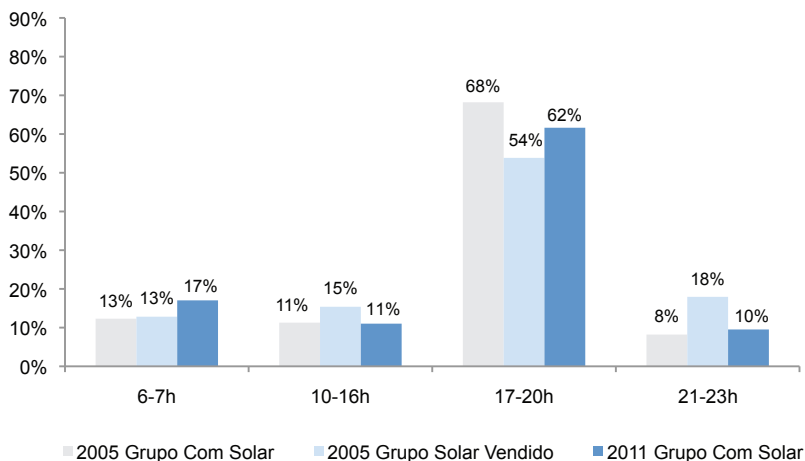
**Figura 8.3 - a,b,c** • A sequência de imagens, 2001, 2005 e 2011 mostra as alterações sofridas no conjunto habitacional Sapucaias ao longo desses 10 anos.

## O hábito de banho

Em 2005, Sapucaias era formado por famílias jovens. Uma parcela de 16% de moradores constituía-se de crianças com menos de 10 anos, e 32% de jovens entre 10 e 20 anos. A família se dividia entre o banho dos pais pela manhã, e dos que estudavam à tarde e à noite. O horário de banho coincidia com o pico de demanda do sistema elétrico, no final do dia.

A pesquisa realizada em outubro de 2011, na qual pelo menos 48% dos moradores já estavam com mais de 21 anos, confirmou as constatações de 2005. O gráfico 8.1 mostra que o hábito de banho dos moradores, independentemente do grupo a que pertenciam, concentrava-se no horário de ponta do sistema elétrico nacional, com maior frequência entre 17h e 20h.

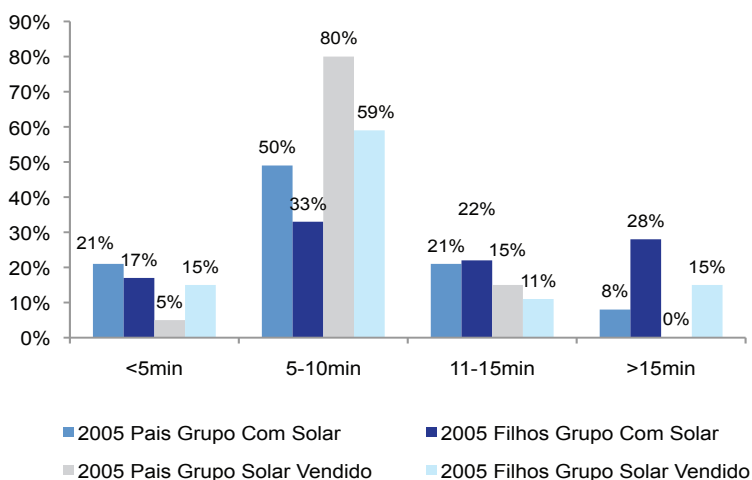
A pesquisa constatou que em 2005 era significativa a diferença entre os grupos quanto ao hábito do banho quente no verão. Nas famílias com o coletor solar, era de



**Gráfico 8.1** • Horário de banho da família de baixa renda em 2005 e 2011

50%; contra 17% nas que o venderam. No entanto, o hábito de tomar banho quente no inverno permaneceu o mesmo para a maioria dos moradores (95%), tanto em 2005 como em 2011. Esse fato pode ser explicado pelas condições climáticas locais, com temperaturas baixas no inverno.

O tempo de banho foi investigado distintamente para pais e filhos. O gráfico 8.2 mostra que as famílias que venderam o coletor solar em 2005 já possuíam hábitos diferenciados dos que permaneceram com o equipamento.

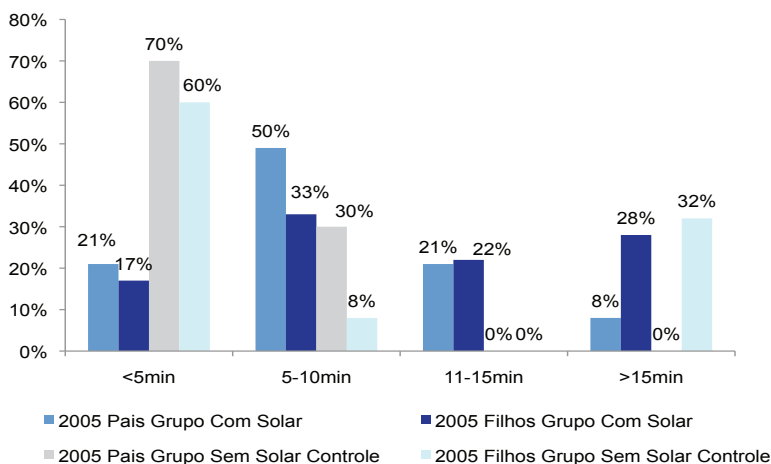


**Gráfico 8.2** • Tempo de banho dos Grupos Com Solar e Solar Vendido em 2005



Pelo menos 50% dos filhos do Grupo Com Solar tomavam banhos em 11 minutos ou mais. Enquanto que 29% dos pais do Grupo Com Solar tomavam banhos com duração superior a 11 minutos, apenas 15% o faziam no Grupo Solar Vendido.

O gráfico 8.3 mostra o impacto em 2005 na mudança de comportamento das famílias que instalaram os coletores solares. A comparação entre o Grupo Com Solar e o Grupo Sem Solar Controle, que nunca tiveram coletor solar, mostrou que pais e filhos do primeiro grupo migraram de banhos de até cinco minutos para tempos mais generosos, que só eram desfrutados pelos filhos. Uma parcela de 21% de pais se permitiu banhos entre 11 e 15 minutos.

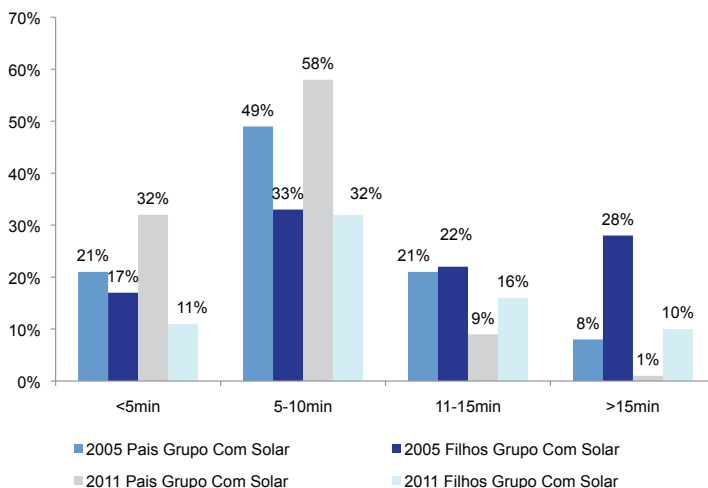


**Gráfico 8.3** • Tempo de banho dos Grupos Com Solar e Sem Solar Controle em 2005

No gráfico 8.4 constata-se uma considerável mudança de hábito, entre 2005 e 2011, dos moradores que permaneceram com o sistema solar térmico. São os pais que lideram a diminuição do tempo de banho. O percentual de 29% dos pais que tomavam banhos em períodos superiores a 10 minutos em 2005 passou para 10% em 2011. A maioria dos pais (90%) mudou o hábito para banhos que não ultrapassam os 10 minutos.

A tabela 8.1 mostra que em 2005 pelo menos metade dos moradores do Sapucaias tinha até 20 anos. Uma considerável faixa era formada por adolescentes. A investigação realizada em 2005 para determinar quem controlava o tempo de banho da família mostrou a forte influência da mãe. A pesquisa de 2011 confirmou que o controle continuava sendo feito, em sua maioria, pelas mães (50%), e depois, pelos pais (21%). Houve, no entanto, um incremento de respostas para “cada um faz o seu controle”

(18%), o que pode ser explicado pela idade dos atuais moradores, pelo menos 60% estão na faixa entre 21 e 50 anos.



**Gráfico 8.4** • Tempo de banho dos pais e filhos do Grupo Com Solar em 2005 e 2011

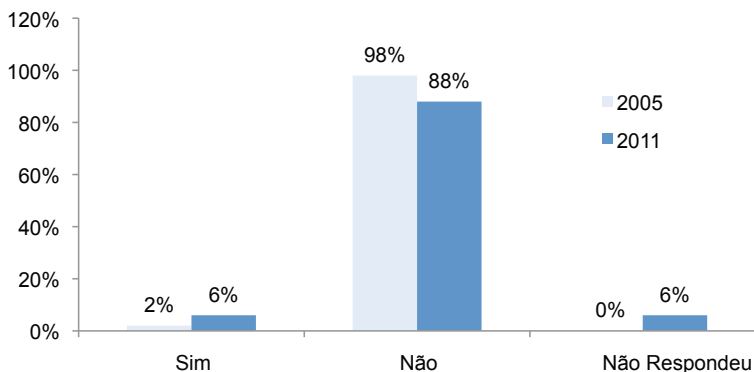
**Tabela 8.1** • Idade dos moradores da comunidade Sapucaias em 2005

Grupo	<10 anos	11-20	21-30	31-40	41-50	>50 anos
Com Solar	16%	34%	13%	20%	13%	4%
Solar Vendido	18%	24%	13%	33%	9%	3%
Sem Solar Controle	10%	38%	21%	21%	10%	0%

## Uso da solução

Até o ano 2000, o manuseio da nova tecnologia de aquecimento solar da água para o banho era desconhecido para a comunidade, o que demandou uma intensa participação dos coordenadores do projeto. Além dos equipamentos expostos ao sol nas coberturas das moradias (estranhos ao cotidiano da comunidade), foi introduzido um registro inovador para misturar a água quente com a fria. Esse registro requer manuseio cuidadoso para alcançar as temperaturas adequadas para o banho. As palestras e reuniões realizadas, além de mostrar os benefícios econômicos na redução do consumo de eletricidade, esclareceram dúvidas quanto ao fato de haver uma crença entre a comunidade de que a água aquecida pelo sol provocaria danos à saúde (Pereira, 2002). A participação ativa das famílias selecionadas no mutirão para construção da moradia, instalação e treinamento do manuseio dos sistemas de aquecimento solar propiciou aceitação, interação e adaptação

à tecnologia, constatadas nos resultados mostrados no gráfico 8.5. A dificuldade no uso do SAS foi relatada por apenas 2% (2005) e 6% (2011) da comunidade.

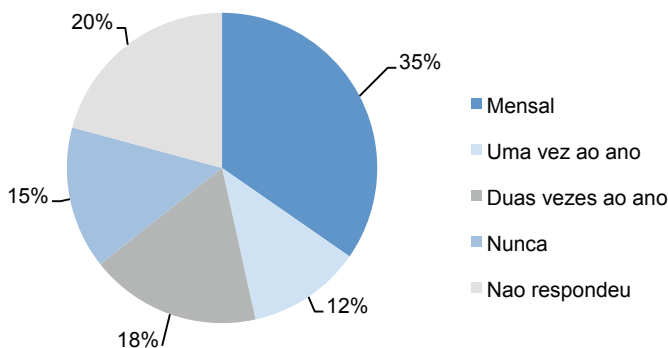


**Gráfico 8.5** • Dificuldade de uso do sistema de aquecimento solar em 2005 e 2011

## Manutenção da tecnologia

A avaliação do comportamento quanto à manutenção da nova tecnologia mostrou que a família inteira era envolvida, mas era o chefe da família, o pai, quem, em 55% (2005) e 47% (2011) das vezes solucionava os problemas apresentados. A limpeza nas placas solares foi realizada por 60% (2005) e 65% (2011) das famílias. Pelo menos 57% (2005) o faziam num período compreendido entre sete e 30 dias.

Em 2011, a pesquisa constatou que a limpeza mensal (35%) foi negligenciada. A limpeza em um tempo mais espaçado, de uma a duas vezes ao ano, passou a ser realizada por 30% dos usuários. Os que nunca deram manutenção, em 2005 eram 40%; em 2011, este número diminuiu para 15% (gráfico 8.6).

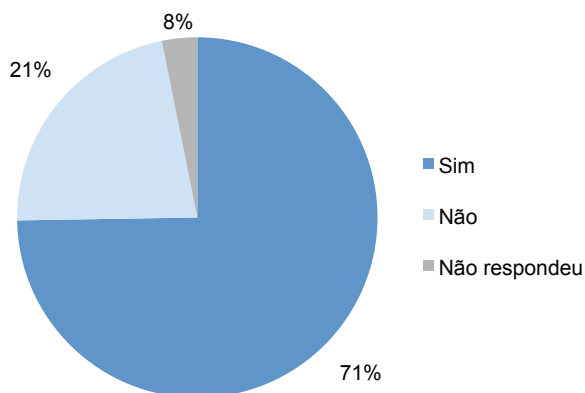


**Gráfico 8.6** • Periodicidade de limpeza dos coletores solares em 2011

O conserto era realizado primeiramente pela própria família, que, quando não sabia solucionar o problema constatado, solicitava a presença de um técnico (gráfico 8.7). A necessidade da visita na comunidade de um técnico especialista em coletores (figura 8.4 - a,b,c) foi manifestada por 71% dos entrevistados (2011).



**Figura 8.4 - a,b,c •** Coletores solares sem limpeza dos vidros de recobrimento, mas ainda em funcionamento em 2011.



**Gráfico 8.7** • Necessidade de técnico especializado na comunidade (2011)

## Solução de problemas

A pesquisa de 2005 constatou que não havia problemas de funcionamento em 58% dos sistemas. Os 42% restantes apresentavam problemas como pequenos vazamentos (33%), ressecamento das mangueiras (60%), resistência elétrica queimada (3,5%) e oxidação (3,5%). Em 46% dos casos, após a manutenção, os problemas foram solucionados.

Em 2011, 41% dos moradores declararam que o sistema havia apresentado algum tipo de problema. Além de vazamentos (22%) e a declaração de que “não esquentava”, “tem bolhas de ar” (34%), foram identificadas ocorrências no misturador de água quente e fria (vazamentos e emperramento totalizavam 10%), quebra dos vidros (10%), ressecamento das mangueiras (7%) e problemas no reservatório térmico (7%).

Esses fatos podiam ser explicados pela já esperada redução de eficiência do SAS em função de seu envelhecimento e pela necessidade de substituição de componentes e acessórios.

Entre os problemas citados, destacam-se a quebra do registro misturador e a queima da resistência do chuveiro elétrico, equipamentos que não são responsáveis diretamente pelo aquecimento solar, mas que, no entendimento dos moradores, serviram de motivo, em algumas situações, para a retirada e desinstalação dos SAS (figura 8.5 - a,b,c). Os

moradores declararam que o custo dos registros misturadores inviabilizava sua compra e reposição, além da dificuldade de serem encontrados no mercado.



**Figura 8.5 - a,b,c** • (a) Moradias ainda sem forro, (b) o registro misturador e (c) solução dada para o problema do chuveiro elétrico.

A necessidade de novos espaços nas moradias mudou a paisagem do bairro Sapucaias. A tabela 8.2 mostra o percentual de moradores que realizaram alterações no projeto original até 2005 e até 2011. A pesquisa constatou que, em 2011, pelo menos 18% dos sistemas de aquecimento solar estavam desativados. A justificativa apresentada pelas famílias é de que não estavam funcionando ou que foram removidos em função de atuais reformas nas moradias.

**Tabela 8.2** • Alterações na área construída em relação ao projeto original no Sapucaias

Ano	Grupo	Sim	Não	Não resp.	Total %
2005	Com Solar	47%	39%	14%	100
2005	Solar Vendido	66%	17%	17%	100
2005	Sem Solar Controle	71%	29%	0%	100
2011	Com Solar	36%	29%	35%	100

## O sombreamento nos coletores solares

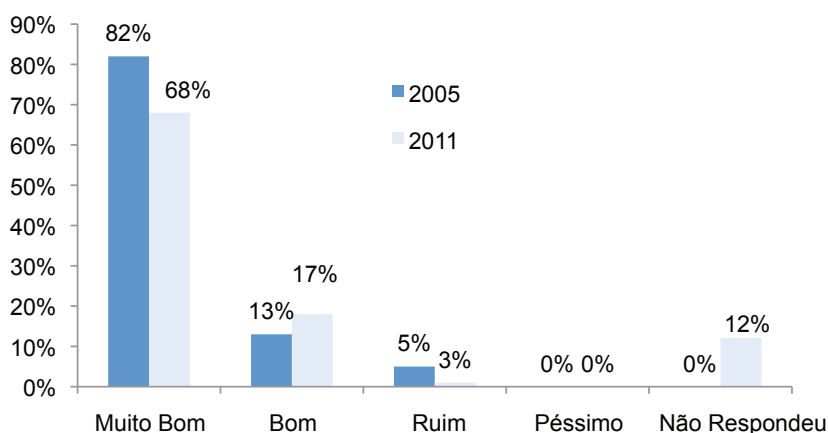
Embora tenha sido declarado pelos moradores o cuidado para que não houvesse sombra nos coletores, eles não conseguiam evitar a interferência das construções no entorno, como a construção de um segundo pavimento ou muro alto junto às divisas dos lotes, como visto na figura 8.6 - a,b,c. A alternativa adotada muitas vezes foi a mudança de localização ou o uso de outro sistema para aquecimento da água.



**Figura 8.6 - a,b,c • O sombreamento nos sistemas constatado em 2011**

## Nível de satisfação

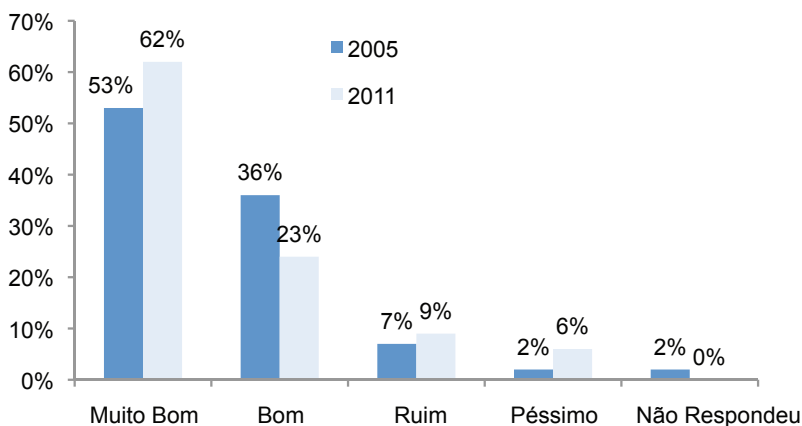
Em 2005, a avaliação do comportamento das famílias com o uso do sistema de aquecimento solar mostrou a plena satisfação com a tecnologia, refletida por 95% dos entrevistados (muito bom=82% e bom=13%). Além disso, 96% dos entrevistados tinham a percepção de que havia economia de energia com a nova tecnologia. O índice de insatisfação estava relacionado à pouca quantidade de água quente e a eventuais vazamentos. Em 2011, 86% das famílias classificaram o grau de satisfação (gráfico 8.8) como muito bom (68%) e bom (18%).



**Gráfico 8.8** • Grau de satisfação com o sistema de aquecimento solar em 2005 e 2011

O gráfico 8.9 mostra o grau de satisfação das famílias com a quantidade de água quente disponibilizada. Em 2005, a satisfação foi declarada por 89% das famílias, contra 86%, em 2011. Houve um aumento de insatisfação com a temperatura da água, o que pode ser atribuído à falta de manutenção e limpeza dos coletores, fatores que comprometem sua eficiência.





**Gráfico 8.9** • Grau de satisfação com o volume de água quente em 2005 e 2011

## Perfil de consumo de energia elétrica associado a outros usos

A pesquisa realizada (2005) também levantou os tipos de lâmpadas utilizadas pelos grupos Com Solar e Solar Vendido e a potência elétrica média instalada para iluminação (tabela 8.3). Pelo menos 53% das famílias que permaneceram com o SAS tinham uma potência instalada entre 200 W e 300 W. As lâmpadas econômicas, tanto fluorescentes tubulares, como compactas, eram usadas somente por 25% das famílias que permaneceram com o SAS (em maior número as tubulares), mas em 50% daquelas que venderam o sistema (tabela 8.4).

**Tabela 8.3** • Potência em iluminação nas moradias (2005)

Potência instalada (MW)	77-162	200-240	280-300	360-400	420-580	960-1320	total
Com Solar	4%	32%	21%	14%	27%	2%	100
Solar Vendido	18%	42%	8%	8%	16%	8%	100

**Tabela 8.4** • Moradias com lâmpadas fluorescentes (2005)

Grupo	Não	Sim	Lâmpadas fluorescentes	
			Tubulares	Compactas
Com Solar	75%	25%	78%	22%
Solar Vendido	50%	50%	57%	43%

O comportamento dos moradores do Projeto Sapucaias quanto a economia de energia elétrica com iluminação foi, segundo a pesquisa, o de não usá-la desnecessariamente ou de desligá-la, após ser utilizada. Em muitas unidades, percebeu-se que, em alguns cômodos, não existiam lâmpadas. Os entrevistados também relataram que tinham o hábito de desligar as demais lâmpadas da moradia quando assistiam a televisão.

## Economia de energia

O monitoramento do Grupo de Estudos em Energia da PUC Minas mostrou uma economia de energia elétrica média de 34,6% alcançada ao longo dos cinco anos de implantação da tecnologia solar (2000-2005). A apropriação da tecnologia levou a comunidade do Projeto Sapucaias (figura 8.7) a uma economia cada vez maior de eletricidade em relação ao ano base de 1999. O consumo médio anual em 2000, antes da instalação dos aquecedores solares, era de 130 kWh/mês e passou para 85 kWh/mês em 2005.

A incorporação dos hábitos de utilização consciente da energia, como desligar a iluminação não necessária, evitar o abre e fecha sucessivo da geladeira, otimizar o uso do ferro elétrico e da máquina de lavar roupas tipo tanquinho, entre outros eletrodomésticos, foi somado à economia proporcionada pelo uso do sistema de aquecimento solar.



**Figura 8.7** • Os coletores solares do conjunto habitacional Sapucaias (Google Maps, 2011)

Foi constatado que a economia na fatura de energia elétrica chegou a alcançar até 70% em alguns casos, possibilitando que as famílias obtivessem descontos escalonados na tarifa de energia elétrica – a tarifa social. A economia de energia proporcionada pela otimização do consumo, bem como pelo benefício tarifário, resultou em ganhos monetários significativos ao orçamento das famílias estudadas.

Esse ganho de renda, também decorrente da substituição do chuveiro elétrico pelo aquecimento solar, permitiu que as famílias atendessem outras necessidades como: maior utilização de equipamentos eletroeletrônicos, melhoria das condições de preparo e cocção de alimentos, de higiene pessoal, de limpeza e da própria moradia, entre outros.

## Conclusões

Em todos os casos, constatou-se um elevado grau de satisfação dos moradores com o aquecimento solar e adequada apropriação da tecnologia pela população. Entretanto, percebeu-se a necessidade de um atendimento continuado às comunidades para que informações gerais relacionadas à manutenção dos equipamentos e às boas práticas no uso do aquecimento solar não se percam ao longo do tempo.

Os problemas de manutenção dos sistemas de aquecimento solar e de falta de conhecimento da tecnologia mostraram-se recorrentes nas moradias visitadas, indicando a necessidade de programas efetivos de capacitação nas diversas etapas envolvidas, como projeto, instalação e manutenção.

Entretanto, destaca-se que os resultados dessa pesquisa demonstraram que o uso do aquecedor solar pela população de baixa renda foi extremamente positivo com benefícios reais para as famílias, o que motiva a criação de leis de incentivo ou obrigatoriedade de adoção dessa tecnologia nos três níveis de governança: municipal, estadual e federal.

A frase de uma moradora do Conjunto Sapucaias em entrevista a um canal de televisão durante a restrição no abastecimento de energia elétrica em 2001, certamente resume esses benefícios de forma inequívoca:

*“Eu agora olho pro sol e sei que ele é meu amigo”*  
(Dona Lindaura)

## Referências

FANTINELLI, Jane Tassinari. **Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares**: estudo de caso em Contagem (MG). Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos), São Paulo, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2006. 258f.

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte. **Energia solar térmica**: instalações solares de pequeno porte. Belo Horizonte: PUC Minas, 2002. 96p.

PEREIRA Elizabeth Marques Duarte et al. **Solar water heating for social projects in Brazil**. In.: Proceeding of the Canadian Solar Energy Conference: SESCO 2003, (2003, Aug 18-20, Queen's University Kingston, Ontario, Canada).



## Diagnóstico nacional: avaliação de instalações de aquecimento solar

**Emerson Salvador** *Eletrobras Procel*

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Jane Tassinari Fantinelli** *NIPE - Unicamp*

**Luciana Penha de Carvalho** *Vert*

A Eletrobras e a PUC Minas desenvolveram uma série de diagnósticos, com o objetivo de avaliar a situação real das instalações de aquecimento solar no Brasil para as finalidades banho e piscina, nas classes residencial e industrial e no setor de serviços. O projeto visou também dar subsídios para o aproveitamento da energia solar térmica no país, bem como para a formulação de políticas governamentais.

## Introdução

No Brasil, a matriz elétrica é essencialmente renovável e várias ações têm sido feitas para o desenvolvimento e melhor aproveitamento de fontes limpas, 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 pela Eletrobras Procel em 2005 e publicada em 2007, (Eletrobras Procel, 2007) 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 a pesquisa, o aquecimento de água por chuveiros elétricos está presente em cerca de 70% das residências brasileiras, sendo que, nas regiões Sul e Sudeste atingiu quase que a sua totalidade. Nesse contexto, o aquecimento de água através da energia solar aparece como uma oportunidade a ser explorada, tendo em vista o grande potencial existente no Brasil.

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 o aumento da confiabilidade do sistema, a redução de perdas e a postergação de investimentos em geração, transmissão e distribuição. 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 o Projeto Piloto realizado em Contagem (MG), que contou com a participação da Eletrobras Procel, no qual 100 residências foram monitoradas durante 10 anos.

Os padrões mínimos de confiabilidade, durabilidade e desempenho dos equipamentos empregados para aquecimento solar são garantidos por meio de uma rotina de verificação, mediante ensaios em laboratórios de referência. Para isso, a Eletrobras Procel e o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), com o apoio dos laboratórios do Green Solar da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), coordenam o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Coletores Solares e Reservatórios Térmicos desde 1996. No ano de 2000, foram contemplados os primeiros equipamentos com Selo Procel Eletrobras.

A produção de energia de um sistema de aquecimento solar (SAS) não depende apenas da qualidade e do desempenho térmico dos equipamentos, mas

também do seu adequado dimensionamento, da qualidade do projeto, da correta instalação e de sua manutenção. Portanto, ainda havia uma necessidade de se entender melhor a vertente da eficiência das instalações dos sistemas existentes. Nesse sentido, a Eletrobras Procel lançou mão, em 2006, de um amplo estudo pioneiro. A seguir será apresentada a metodologia aplicada e dado mais detalhes sobre o estudo e, nos textos subsequentes, apresentada cada uma das pesquisas.

## Avaliação de instalações de aquecimento solar

Em outubro de 2006, foi celebrada uma parceria entre a Eletrobras, por meio do Procel, e a PUC Minas, 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 escolhidas as 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 9.1.

**Tabela 9.1** • Abrangência da avaliação

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

A última etapa desse trabalho se referiu à elaboração de subsídios para nortear as ações da Eletrobras Procel nos próximos anos. Esse estudo, de âmbito nacional,



foi inédito no Programa e considerado uma grande contribuição para o governo brasileiro e demais agentes envolvidos com o desenvolvimento de sistemas alternativos de aproveitamento energético no país.

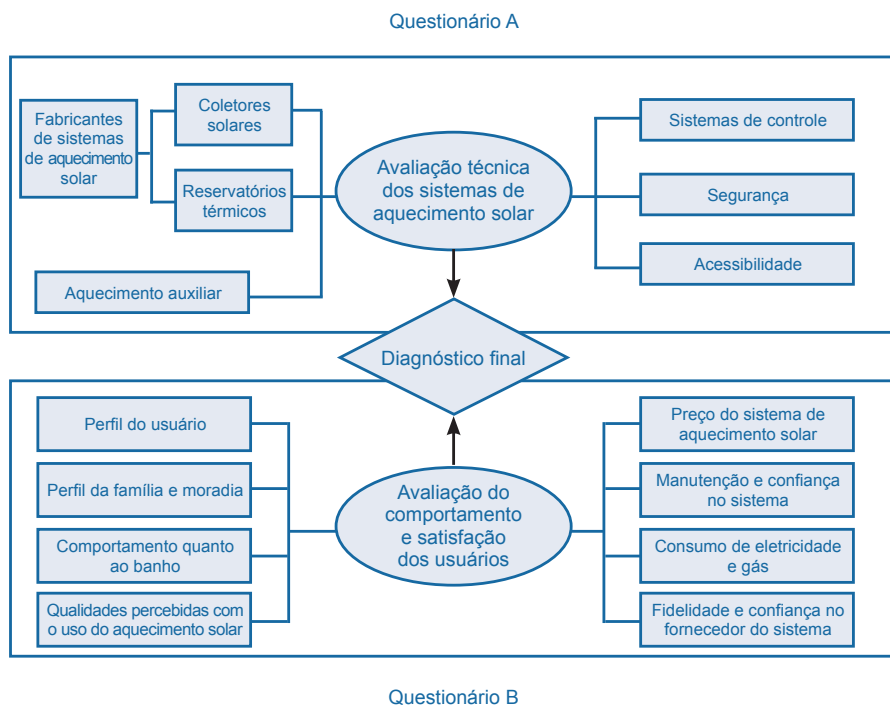
Em cada uma das sete cidades avaliadas, estabeleceu-se uma parceria com uma universidade ou escola técnica local responsável pela realização do levantamento de dados em campo. Além da própria PUC Minas, participaram do projeto a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), o Instituto Federal Tecnológico da Bahia (IFBA), a Universidade de Brasília (UnB), a Universidade Estadual do Rio de Janeiro (Uerj), a Universidade Estadual Paulista (Unesp - Botucatu) e a Universidade Federal do Pará (UFPA).

Contando com a participação de cerca de 50 pesquisadores, envolvendo professores, alunos, engenheiros 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 foram finalizadas em 2010.

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

## Questionários de avaliação

Foram desenvolvidos dois questionários a fim de obter todas as informações para a pesquisa. O “questionário A” teve o objetivo de fazer um levantamento das informações técnicas dos sistemas de aquecimento solar, no qual 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. As questões relacionadas aos aspectos socioeconômicos e comportamentais foram tratadas 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 9.1 apresenta os blocos de investigação com os aspectos técnicos e comportamentais empregados na avaliação em questão.



**Figura 9.1** • Blocos de investigação tratados nos questionários de avaliação

## 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 um professor e quatro estudantes de graduação. O treinamento incluiu conceitos de geometria solar, aspectos construtivos de coletores solares e reservatórios térmicos, além de 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 (figura 9.2 - a,b,c), tais como GPS, trena, bússola, inclinômetro e câmera digital para registrar as visitas às instalações de aquecimento solar.



Figura 9.2 - a,b,c • Treinamento da equipe técnica e kit de avaliação

## 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. Esse material também foi empregado nos cursos de treinamento dos estudantes participantes do projeto.

## 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, é feita uma subdivisão das amostras em subpopulações ou grupos, considerando os menores erros.

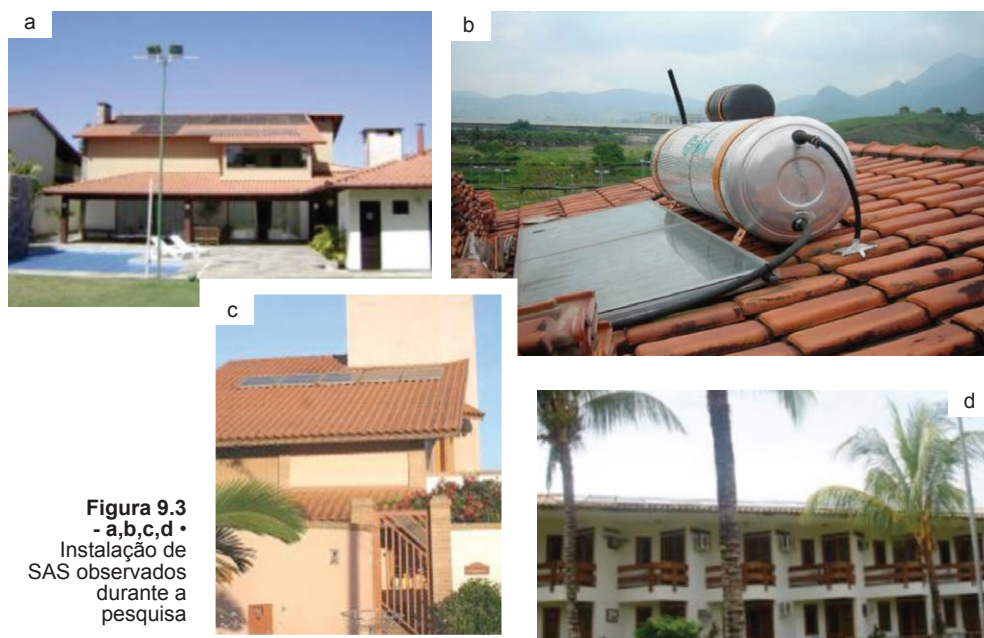
Um *software* especial foi desenvolvido na plataforma Matlab (Matrix Laboratório) para realizar a divisão dos agrupamentos referentes às variáveis a serem analisadas. Dessa forma, para a análise dessa divisão, foi empregada a técnica hierárquica aglomerativa de Ward. Tendo em vista que o número de variáveis e observações era reduzido, especificou-se o número máximo de agrupamentos desejados e a correlação entre os elementos dentro de cada grupo.

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.

## Pesquisas de campo

Bases de dados foram estabelecidas para as instalações de aquecimento solar visitadas, fabricantes, revendas e instaladores que atuam nas regiões atendidas pelo projeto para definição das amostras a serem avaliadas.

Em seguida, 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 esses, características e identificação de coletores e reservatórios, condições de acessibilidade e segurança, obstáculos no entorno das instalações e sistema de aquecimento auxiliar. Tais informações foram registradas através do preenchimento dos questionários desenvolvidos especificamente para essa pesquisa, 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 a tecnologia solar. As fotos (figura 9.3 - a,b,c,d) ilustram algumas das instalações vistas durante as pesquisas realizadas em campo.



**Figura 9.3**  
- a,b,c,d •  
Instalação de  
SAS observados  
durante a  
pesquisa

## Software Dimensol

O aplicativo Dimensol é uma ferramenta desenvolvida para o dimensionamento de sistemas de aquecimento solar de água, permitindo ao usuário avaliar as economias proporcionadas e realizar análises sobre o investimento com o sistema Dimensol. O programa foi desenvolvido de modo a facilitar a navegabilidade seguindo-se uma sequência típica de dimensionamento de um sistema de aquecimento solar. O usuário pode avaliar a radiação incidente nos coletores solares, realizar projeções de consumo conforme locais de utilização de água quente e obter a fração solar da instalação com base no método da Carta-F<sup>1</sup>. O programa conta também com um banco de dados de cidades e componentes permitindo ainda a inserção de novos componentes pelo usuário. O *software* pode ser encontrado no portal [www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br).

## Referência

ELETOBRAS 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. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

---

<sup>1</sup> Para a avaliação da economia de energia elétrica obtida com a utilização do aquecimento solar, nas condições específicas de cada construção, utiliza-se, internacionalmente, o Método da Carta F. Esse método avalia a contribuição da energia solar na demanda total de energia elétrica para aquecimento de água, conhecida como fração solar.

# 9.1

## Aquecimento solar em habitações populares

**Marcelo José dos Santos** *Eletrobras Procel*

**Emerson Salvador** *Eletrobras Procel*

**George Camargo dos Santos** *Eletrobras Procel*

**Leonardo Nunes Alves da Silva** *Eletrobras Procel*

Um dos nichos considerados no estudo de avaliação da situação real das instalações de aquecimento solar no Brasil se refere às moradias populares classificadas como baixa renda, cujos principais aspectos e resultados são apresentados nesse texto. Serão mostradas as principais questões e resultados da pesquisa sobre o uso da tecnologia em habitações unifamiliares de 15 municípios do Rio de Janeiro e São Paulo, realizada de maio de 2007 a outubro de 2008.

## Introdução

Principalmente a partir do ano 2000, os sistemas de aquecimento solar (SAS) 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 (Eletrobras Procel, 2010). Dessa forma, essas empresas realizaram doações de sistemas de aquecimento solar de água a diversas residências consideradas de interesse social. No estudo realizado pela Eletrobras Procel e pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), um dos nichos avaliados compreendeu tais residências (Pereira, 2008), cujos principais resultados são apresentados a seguir.

### Avaliação de SAS em habitações populares

Tendo em vista os benefícios proporcionados pelo uso da tecnologia solar para aquecimento de água, no que se refere à economia de energia, uma das vertentes do estudo compreendeu a avaliação das instalações de aquecimento solar em residências unifamiliares populares (figura 9.1.1).



**Figura 9.1.1** • Moradias com sistemas de aquecimento solar

As pesquisas de campo 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 10 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 Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e da Universidade Estadual Paulista (Unesp), respectivamente.

Esse processo de avaliação verificou questões técnicas, bem como aspectos comportamentais e de satisfação dos moradores, conforme descrito no capítulo 9.

A base de dados sobre as instalações de aquecimento solar visitadas foi elaborada, considerando os fabricantes, as revendas e os instaladores que atuam nas regiões atendidas pelo projeto, visando a 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 de Eficiência Energética (PEE) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), e que previu a inserção de equipamentos de aquecimento solar em moradias unifamiliares e instituições filantrópicas que atendessem a populações carentes. Na região de Bauru, a estratégia utilizada para obter a população amostral foi a busca visual em campo para a localização dos sistemas de aquecimento solar.

No total, foram realizadas avaliações técnicas em 154 sistemas de aquecimento solar, sendo 82 amostras no estado do Rio de Janeiro e 72 em São Paulo (Santos, 2010).

## Principais resultados

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

Basicamente, no que diz respeito à identificação dos sistemas de aquecimento solar das residências visitadas, verificaram-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 m<sup>2</sup> ou 1,40 m<sup>2</sup>. Em São Paulo, cerca de 85% dos reservatórios apresentavam uma capacidade de 200 litros. Já no Rio de Janeiro, os reservatórios de 110 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 duas a quatro pessoas, com renda mensal de até três salários mínimos. Além disso, foram identificados e avaliados os sistemas de cinco fabricantes de equipamentos.

No que se refere à qualidade e à durabilidade dos equipamentos instalados, algumas situações foram detectadas. Em 11,1% dos sistemas instalados, foram constatados vidros quebrados nos coletores. Problemas de ar na tubulação, entupimento e infiltração foram constatados em apenas algumas moradias do Rio de Janeiro, representando 6,4%, 5,1% e 3,8%, respectivamente.

Ressalta-se como um dos pontos críticos apontados na pesquisa o vazamento no registro misturador (figura 9.1.2), correspondendo a cerca de 55% do total de casos, sugerindo pesquisas por soluções tecnológicas mais adequadas e resistentes ao uso.



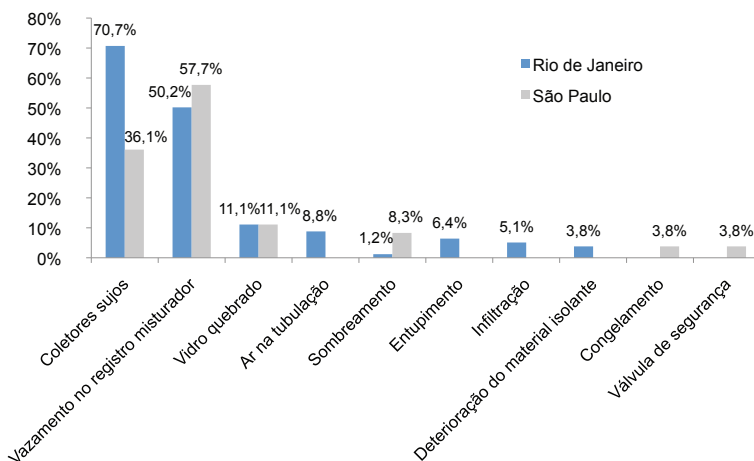
**Figura 9.1.2** • Exemplo de instalação do chuveiro com o registro misturador

No que diz respeito aos cuidados com os equipamentos, cerca de 66% do total de moradores das duas localidades não realizavam a limpeza periódica dos vidros dos coletores solares. Além disso, verificou-se que 71% dos vidros dos coletores instalados no Rio de Janeiro se encontravam sujos, sendo 36% dos casos em São Paulo.

Também se verificaram alguns casos de sombreamento, com 8,3% das moradias em São Paulo e apenas 1,2% no Rio de Janeiro.

O gráfico 9.1.1 compara os dados levantados sobre os principais problemas encontrados nas instalações de aquecimento solar das residências pesquisadas.

Para as residências do Rio de Janeiro, bem como em São Paulo, o sistema auxiliar é sempre elétrico, composto 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 estava presente em 86% e 78% das residências do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente. Além disso, no



**Gráfico 9.1.1** • Principais problemas detectados nos sistemas de aquecimento solar

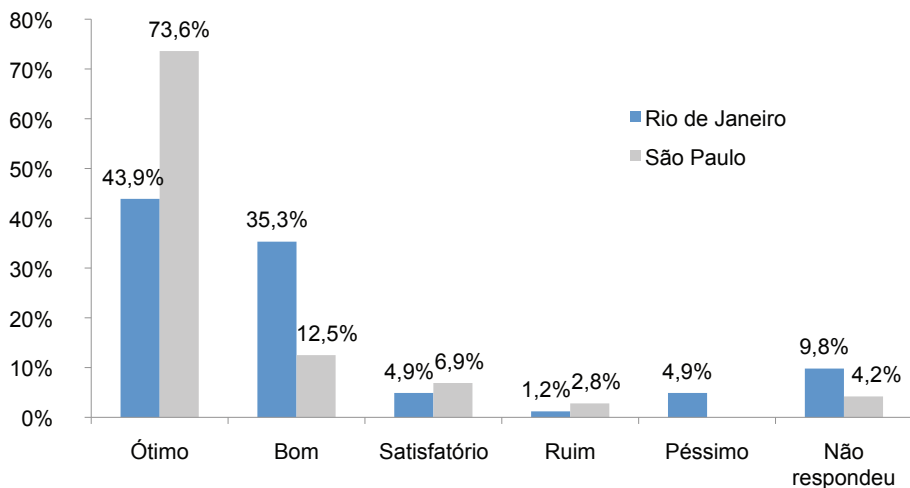
Rio de Janeiro, cerca de 64% dos chuveiros verificados possuíam potência elétrica de até 2.800 W, enquanto que em São Paulo, aproximadamente 69% dos chuveiros apresentaram potência de 5.400 W, tendo em vista que neste estado as temperaturas médias são mais baixas.

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°.

Portanto, conclui-se que para a região de Bauru, a melhor eficiência energética dos equipamentos de aquecimento solar para os meses de inverno foi obtida pela inclinação correspondente à latitude média, da ordem de 32,41° ao sul.

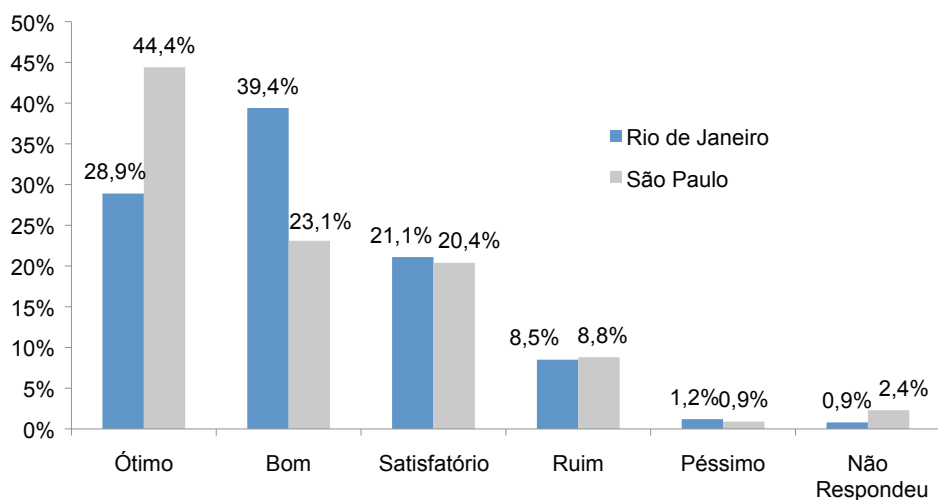
Visando verificar se os sistemas de aquecimento solar estavam instalados de forma a permitir o acesso mínimo para ajuste, limpeza, manutenção ou substituição de equipamentos, constatou-se que o acesso não foi possível em 10% e 4,2% das residências do Rio de Janeiro e São Paulo, respectivamente.

Em especial, 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, o índice atingiu 93% e 96%, respectivamente. O gráfico 9.1.2 mostra a avaliação do nível de satisfação dos moradores em relação à economia de energia elétrica proporcionada pelo uso da tecnologia solar.



**Gráfico 9.1.2** • Avaliação quanto à economia de energia elétrica

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 no gráfico 9.1.3.



**Gráfico 9.1.3** • Avaliação da temperatura do banho

## Conclusões

Os resultados da pesquisa realizada nas instalações de aquecimento solar evidenciam a apropriação da tecnologia solar pela população considerada 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 residências visitadas. Também se constatou um elevado grau de satisfação dos moradores com o sistema.

Entretanto, reforçou-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 (PMCMV), no qual a utilização de sistemas de aquecimento solar está sendo oferecida, com o uso complementar de chuveiros elétricos de potência reduzida. Por outro lado, o estudo identificou a necessidade da criação de programas de medição e verificação, para que se estabeleçam parâmetros para avaliar os benefícios gerados pelo aproveitamento da energia solar térmica (Fantinelli, 2006) e de programas de difusão da tecnologia e formação de mão de obra especializada, envolvendo todas as etapas de projeto, execução e manutenção.

Destaca-se ainda a importância da parceria com universidades e centros de pesquisa para a realização de estudos de forma a solucionar problemas e desenvolver a tecnologia solar. A quantificação e a consolidação dos resultados poderão gerar indicadores de qualidade para essas instalações que podem resultar em um manual de boas práticas. Os subsídios obtidos no estudo auxiliaram na definição de um plano de ações para o setor de aquecimento solar no país, que incluiu novas pesquisas com vistas a reduzir o valor do investimento inicial de aquisição dos equipamentos, bem como de melhorar as suas características. Além disso, orientou também a atuação da Eletrobras Procel em ações de eficiência energética na oferta de energia para os próximos anos.

## Referências

ELETROBRAS PROCEL. **Relatório de avaliação dos resultados do Procel 2009**. Rio de Janeiro, 2010.

FANTINELLI, Jane Tassinari. **Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares**: estudo de caso em Contagem (MG). Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos). São Paulo, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, 2006. 258f.

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte et al. **Avaliação de instalações de aquecimento solar no Brasil**. In: Anais... Congresso Brasileiro de Energia Solar. Florianópolis, 2008 (1).

\_\_\_\_\_. **Brazilian solar water heating systems**. In.: Proceeding International Congress On Heating, Cooling, and Buildings – EUROSUN 2008. Lisbon, Portugal, 2008 (2).

SANTOS, Marcelo, et al. **Avaliação de sistemas de aquecimento solar em residências de baixa renda**. In.: Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Florianópolis, 2010.

## 9.2

### Aquecimento solar central em condomínios verticais

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Alexandre Salomão de Andrade** *PUC Minas*

**Luciana Penha de Carvalho** *Vert*

Este texto reúne os principais resultados da pesquisa realizada para avaliar o emprego de sistemas centrais de aquecimento solar de água em edifícios residenciais de Belo Horizonte (MG), escolhida por possuir um grande número de instalações. O trabalho, usado como modelo em outras cidades pesquisadas, e o levantamento técnico e comportamental dos usuários identificam as principais características de sua instalação, bem como suas qualidades e deficiências.

## Introdução

Como parte do projeto de Avaliação de Instalações de Aquecimento Solar no Brasil, implementado pela Eletrobras Procel em parceria com a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), a avaliação de sistemas de grande porte foi realizada na cidade de Belo Horizonte (MG), devido a grande incidência desse tipo de instalação na região. As visitas técnicas aconteceram no ano de 2007, totalizando 103 instalações divididas da seguinte maneira: 96 sistemas de aquecimento solar (SAS) em residências multifamiliares de alta renda; cinco instalações em vestiários e academias; e duas instalações em hotéis.

Esse trabalho também teve como objetivos: o desenvolvimento de um conjunto de estudos analíticos e metodológicos, que posteriormente foi adotado nas demais cidades que compunham o projeto; a elaboração de estudos no que se refere à hidráulica e sombreamento; e, finalmente, a criação de indicadores de qualidade para as instalações de aquecimento solar.

## Metodologia e definição da pesquisa em Belo Horizonte

O escopo da pesquisa em Belo Horizonte tratou de edifícios residenciais multifamiliares de média e alta renda, caracterizando a aplicação do aquecimento solar em instalações de grande porte. Assim, para identificar os locais de maior ocorrência de sistemas de aquecimento solar, foram realizados estudos da morfologia de uso e ocupação da cidade de Belo Horizonte e da renda média das famílias por regiões e bairros diferentes. A análise para esta identificação cruzou dados de mapas de densidade demográfica, número de domicílios e renda média familiar. Após a realização de tal estudo, chegou-se ao número de amostras que deveriam ser pesquisadas ao longo do trabalho, totalizando 96 instalações.

A equipe de pesquisadores foi responsável por agrupar todas as amostras e iniciar o processo de visitas técnicas, que consistia em três etapas: agendamento realizado através de contato telefônico com síndicos, empresas administradoras de condomínios e empresas de manutenção de sistemas de aquecimento solar; visita técnica (figura 9.2.1) ou pesquisa de campo propriamente dita, em que os dados eram coletados e os questionários técnico e comportamental preenchidos; organização das

informações e alimentação de um banco de dados através de um portal *online*, onde as informações foram agrupadas para posterior análise.



**Figura 9.2.1** • Visitas técnicas realizadas pelos alunos

As instalações identificadas para a pesquisa localizavam-se em cinco divisões regionais da capital, a saber: Centro-Sul, Oeste, Noroeste, Nordeste e Pampulha. A região mais visitada foi a Centro-Sul, com 85 sistemas divididos em 13 bairros. As demais regionais somaram 11 instalações visitadas, com a seguinte distribuição espacial: regional Oeste: três; regional Noroeste: duas; regional Pampulha: três; regional Nordeste: três.

A concentração de instalações na regional Centro-Sul (figura 9.2.2), compreendendo aproximadamente 90% das visitas, é um reflexo das condições encontradas



**Figura 9.2.2** • Edifícios da Região Centro-Sul de Belo Horizonte com SAS



nesse local. No estudo de Belo Horizonte, essa região foi identificada como sendo a de maior densidade demográfica, possuindo número de domicílios elevado, renda média alta (entre 10 a 20 salários mínimos e acima de 20 salários mínimos), além de sofrer intensamente os processos urbanos de renovação e verticalização.

Há, de certa forma, uma distribuição parcialmente homogênea de instalações de aquecimento solar nos 13 bairros visitados dessa regional. No entanto, alguns bairros se destacam por apresentar maior número de edifícios residenciais, renda *per capita* superior, crescimento e verticalização acentuados. Esse é o caso dos bairros: Belvedere (27% de sistemas visitados), Lourdes (20%), Funcionários (15%) e Santo Agostinho (8%), como pode ser visualizado na tabela 9.2.1.

**Tabela 9.2.1** • Porcentagem de SAS visitados por bairro na regional Centro-Sul

<b>Reginal Centro-Sul - SAS visitadas</b>	
<b>Bairros</b>	<b>%</b>
Anchieta	3
Belvedere	28
Carmo	1
Cidade Jardim	2
Coração de Jesus	1
Cruzeiro	1
Funcionários	15
Lourdes	20
Sto Agostinho	8
São Pedro	1
Serra	7
Sion	7
Savassi	6

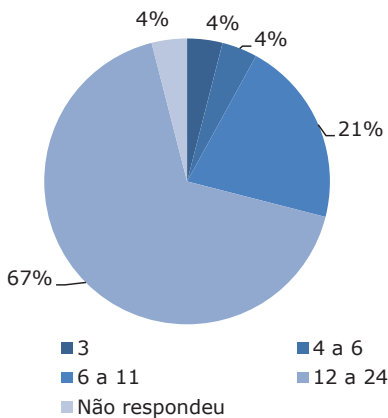
## Caracterização das instalações

As amostras visitadas em Belo Horizonte podem ser caracterizadas como de edifícios residenciais, multifamiliares e verticais em sua maioria. O padrão construtivo era alto, com revestimento das fachadas de materiais de alta qualidade, como granitos, mármore, vidros temperados de cores diversas, entre outros. Na figura 9.2.3, é possível observar um exemplo de edifício que representa a tipologia encontrada nos demais locais visitados.

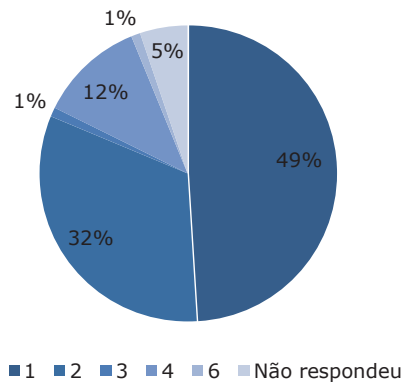


**Figura 9.2.3** • Exemplo de edifício que representa a tipologia pesquisada

Dos 96 edifícios visitados, 67% possuíam de 12 a 24 andares, e 21%, de seis a 11, como mostrado no gráfico 9.2.1. Com relação ao número de apartamentos por andar, a grande maioria possuía de uma a duas unidades, somando 81,3%, conforme mostra o gráfico 9.2.2. O número médio de moradores por apartamento foi de três a quatro em 66,7% das amostras, havendo cinco moradores em apenas 4,2% dos casos.



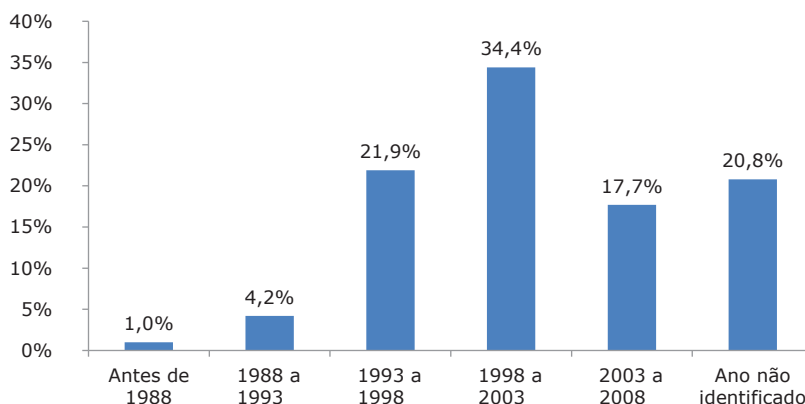
**Gráfico 9.2.1** • Número de andares



**Gráfico 9.2.2** • Apartamentos por andar

Nas 96 instalações visitadas, foram avaliados 3.610 equipamentos, totalizando 7.795,06 m<sup>2</sup> de área coletora, equivalente a uma área média por instalação de 81,19 m<sup>2</sup> e de 2,16 m<sup>2</sup> por coletor. O volume total pesquisado referente aos reservatórios térmicos foi de 530.247 litros, resultando em um volume médio por instalação de 5.523,4 litros.

Quanto à idade das instalações, identificou-se um percentual significativo no período entre 1998 e 2008, totalizando 52,1% dos sistemas visitados. O gráfico 9.2.3 apresenta os períodos em que os sistemas de aquecimento solar foram implantados.



**Gráfico 9.2.3** • Período de instalação dos SAS

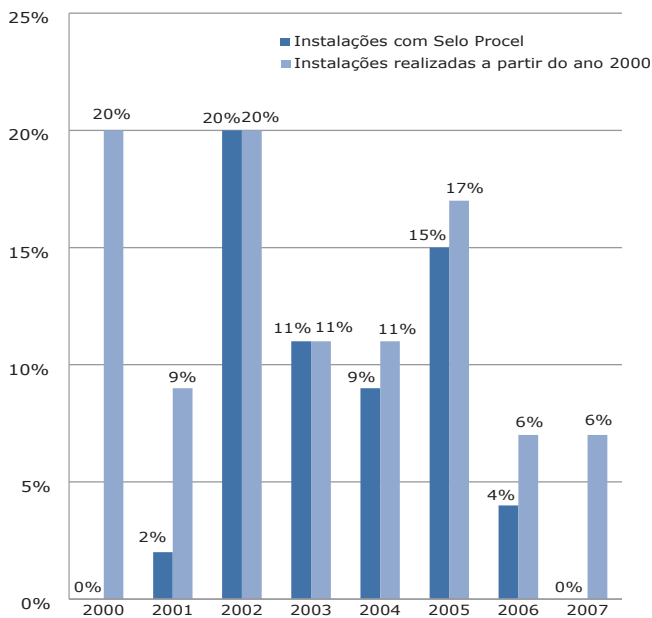
Para as instalações de aquecimento solar visitadas em Belo Horizonte, analisou-se a penetração dos equipamentos com Selo Procel Eletrobras e identificou-se que 61% das instalações, a partir do ano 2000, possuíam o Selo (data em que foi lançado). Esse número reflete a importância dada a essa ferramenta criada para diferenciar os produtos energeticamente mais eficientes, a fim de promover a economia de energia e garantir a satisfação dos consumidores.

No gráfico 9.2.4, é possível observar a incidência de produtos com Selo Procel Eletrobras no período de 2000 a 2007 em comparação com o número de sistemas instalados em Belo Horizonte no mesmo período. Notou-se que, nos anos de 2002 e 2003, todas as instalações possuíam o Selo, o que também pode ser um reflexo da restrição no abastecimento de energia elétrica ocorrida de 2001 a 2002, que possivelmente gerou a procura por produtos mais eficientes, com o objetivo de atingir a redução de consumo de energia elétrica estipulada.

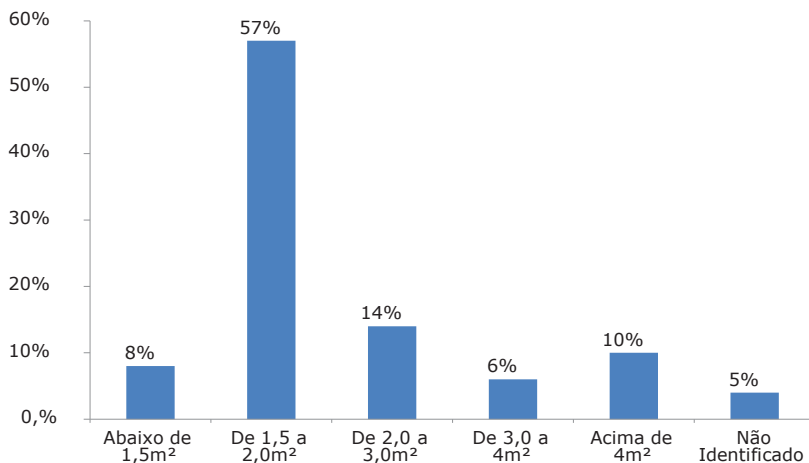
Em cerca de 49% dos sistemas avaliados, havia algum tipo de identificação afixada nos coletores, distribuídos da seguinte maneira: 35,4% com placa de fabricante, 12,5% com placa do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) - código de rastreabilidade - e 1% com Selo Procel Eletrobras. No entanto, devemos lembrar que o modo de identificação e

o material utilizado para tal muitas vezes não resistem às intempéries a que a instalação está normalmente sujeita e que, no caso de coletores solares, o selo deve ser retirado ao instalar o equipamento.

Nas instalações visitadas, foram encontrados coletores de diversos tipos e tamanhos, resultado da falta de padronização que ocorre no mercado brasileiro de aquecedores solares, conforme exemplificado no gráfico 9.2.5.



**Gráfico 9.2.4 • Instalações com Selo Procel x Instalações realizadas a partir do ano 2000**



**Gráfico 9.2.5 • Área unitária dos coletores pesquisados**

Evidencia-se a predominância de coletores com área de 1,5 m<sup>2</sup> a 2,0 m<sup>2</sup>. Essa tendência busca otimizar processos industriais e, principalmente, facilitar o transporte, o armazenamento e a instalação dos equipamentos nos edifícios.

No caso da pesquisa de campo em Belo Horizonte, o aquecimento solar destina-se basicamente à aplicação banho e, portanto, era esperado que apenas coletores fechados com placas absorvedoras, compostas de material metálico, fossem utilizados (coletores abertos são comumente aplicados no aquecimento de piscinas). Tal expectativa se confirmou, com a participação de 99% dos coletores com placas de alumínio e 1% com placas de cobre.

As empresas mineiras que produzem este tipo de equipamento têm-se mostrado mais conservadoras, mantendo ainda a tecnologia de coletores com aletas de alumínio, tintas comerciais e fixação tubo-aleta por encaixe. No mercado paulista, já se observa um movimento importante de empresas trabalhando com aletas de cobre, com importação de máquinas para solda aleta-tubo por ultrassom e a utilização de superfícies seletivas.

A pesquisa de campo em Belo Horizonte demonstrou que a instalação dos coletores não obedeceu a um valor padrão no que se refere à inclinação, tendo sido observados 22 ângulos diferentes. Houve um único caso em que as baterias de coletores de uma mesma instalação apresentavam inclinações diferentes e, portanto, essa instalação não foi considerada na análise realizada. Na figura 9.2.4, pode-se observar exemplos de sistemas visitados com coletores instalados com diversos valores de inclinação.



**Figura 9.2.4** • Exemplos de inclinações diferentes nos coletores solares pesquisados

Das 96 instalações avaliadas, constatou-se que 88% estão com a inclinação dos coletores na faixa recomendada entre 20% e 30% para a cidade de Belo Horizonte. Entretanto, destaca-se que a ocorrência de 42% com inclinações superiores a 30° é indicativo de uma das características recorrentes das instalações de grande porte em Belo Horizon-

te: o espaço reduzido para a inserção dos coletores solares. Assim, a empresa responsável pelo projeto e/ou instalação adotou maiores inclinações, visando aumentar o número de equipamentos instalados. Tal estratégia chega a reduzir 20% da radiação incidente sobre o plano dos coletores nos meses de novembro a fevereiro, comprometendo significativamente sua eficiência no período.

Em 77,1% das instalações visitadas, as tubulações do circuito primário estavam completamente isoladas e, em 15,6% constatou-se a ocorrência de trechos sem isolamento, conforme mostrado na figura 9.2.5.

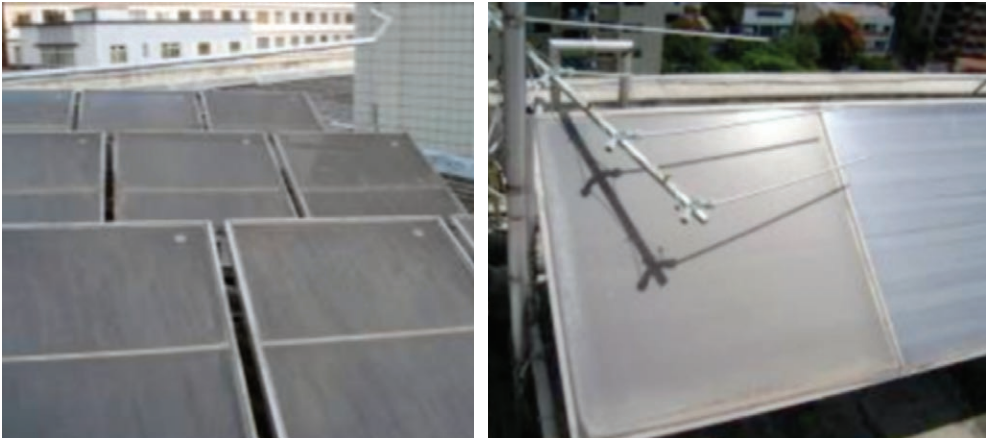


**Figura 9.2.5** • Exemplo de trecho de tubulação sem isolamento

Dos coletores avaliados, 30% estavam sujos. Esse fato pode ser explicado pelo desconhecimento de que é necessário e importante realizar a limpeza dos equipamentos periodicamente. No entanto, ao observar condições como acessibilidade e segurança, verificou-se que esses fatores também podem ser responsáveis pela sujeira, pois em algumas instalações não havia acesso para realização da limpeza e/ou qualquer outro tipo de manutenção necessária. A figura 9.2.6 mostra alguns exemplos de coletores sujos.

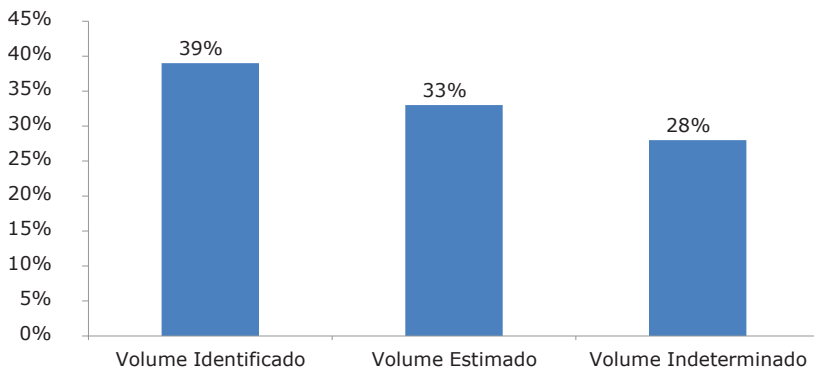
Nas instalações de aquecimento solar visitadas, os reservatórios se encontravam na cobertura do edifício. Para isso, possuíam estrutura própria, isto é, suportes metálicos integrados ao corpo externo do reservatório e apoiados diretamente na laje ou em pilaretes de concreto.

Em 71,9% dos reservatórios pesquisados, não foi verificado placa de identificação. Esse fato impediu que a equipe checasse informações importantes so-



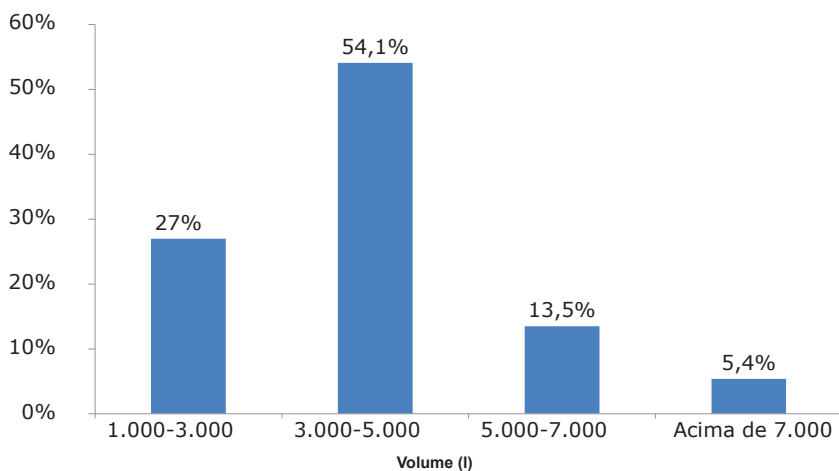
**Figura 9.2.6** • Exemplos de coletores sujos

bre o equipamento, principalmente no que se refere ao volume armazenado. Dessa forma, decidiu-se por classificar em volumes: identificado, estimado e indeterminado. Após reunir todos os dados coletados nas visitas técnicas, foi possível identificar o volume de 39% dos equipamentos avaliados e estimar 33% deles. Os equipamentos de volume indeterminado, que somam 28% do total, apresentaram condições que impediram sua medição, impossibilitando a realização de qualquer estimativa (gráfico 9.2.6).



**Gráfico 9.2.6** • Situação dos reservatórios em relação à identificação do volume

Com um volume total de armazenamento avaliado de 530.247 litros e volume médio por sistema de 5.523,4 litros, observou-se que as instalações visitadas possuíam grande demanda por água quente (gráfico 9.2.7).



**Gráfico 9.2.7** • Volume unitário dos reservatórios térmicos identificados

No que diz respeito ao volume total por instalação, novamente verificou-se uma grande variação que se estende de 1.500 a 20.100 litros, com predominância dos valores de 5.000 a 10.000 litros, em 45,9% dos casos, e de 10.000 a 15.000 litros, em 21,6%. Os valores acima disso somam 16,2%, tratando-se de sistemas com grande quantidade de coletores solares, área de inserção generosa e grande demanda por água quente.

Em Belo Horizonte, observou-se que o volume médio de água quente por morador é de 108 litros, valor próximo ao recomendado pelos critérios de dimensionamento. Porém, a grande variação entre os valores mínimos e máximos chama a atenção para o dimensionamento mal realizado, como também para níveis altíssimos de conforto explicados pelo padrão de vida dos moradores atendidos. Para melhor verificar tais dados, observe a tabela 9.2.2 e os gráficos 9.2.8 e 9.2.9.

**Tabela 9.2.2** • Volume por área coletora e por morador

	Máximo	Mínimo	Média
Volume por área coletora (l)	402,00	14,28	101,64
Volume por morador (l)	340,18	8,65	108,03



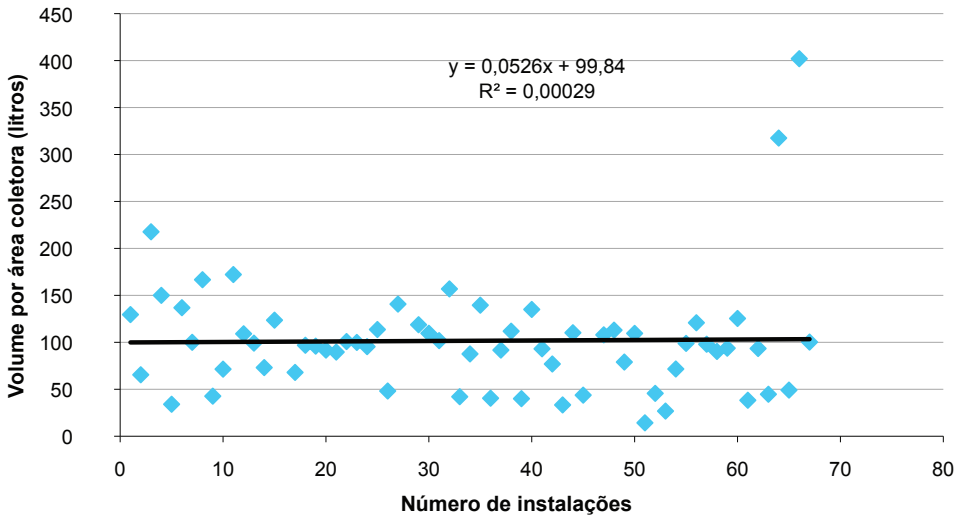


Gráfico 9.2.8 • Volume por área coletora por instalação

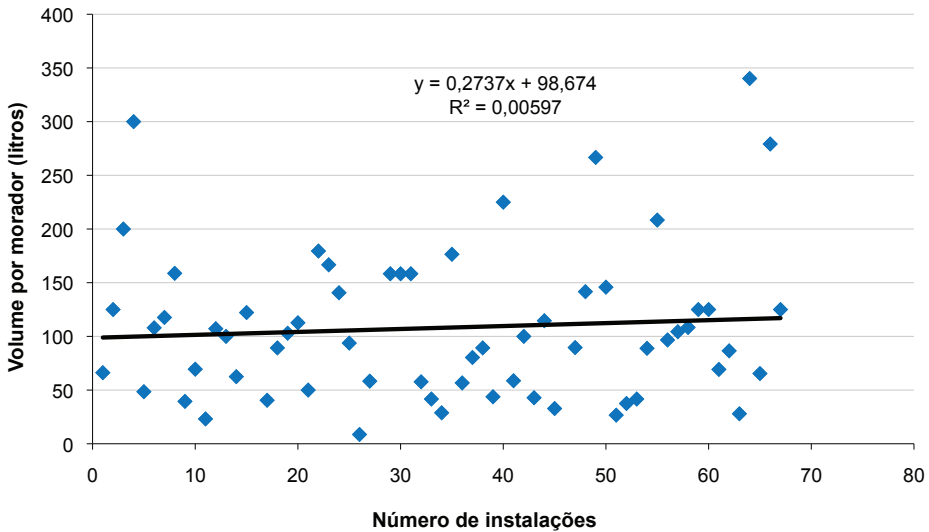


Gráfico 9.2.9 • Volume por morador por instalação

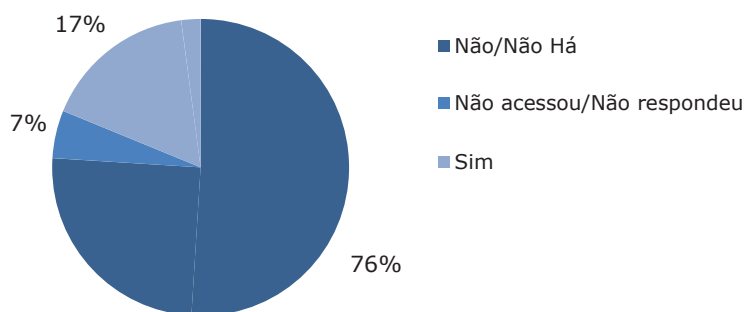
Em 99% das instalações, a tubulação do reservatório térmico encontrava-se isolada, o que demonstra uma atenção especial concedida a esse detalhe, que é importante para minimizar as perdas térmicas.

Outro item avaliado foi a presença do isolamento térmico do Controlador Diferencial de Temperatura (CDT), visto que um sensor exposto às intempéries pode acusar leituras incorretas, acarretando funcionamento inadequado de instalações que operam em regime de circulação forçada. O seu isolamento foi encontrado em 85,4% dos sistemas visitados.

Em 92,7% da amostra, os equipamentos de controle e comando estavam alojados dentro do quadro, bem como 62,5% das lâmpadas de sinalização, comandos e demais acessórios possuíam identificação. Além disso, em 93,8% dos sistemas, os cabos, contadores e disjuntores estavam alojados dentro do quadro de comando.

Nos sistemas de aquecimento solar central em Belo Horizonte, identificou-se a predominância do uso de sistemas auxiliares a gás, com participação percentual de 71,9% das instalações visitadas. Essa tendência nas instalações de grande porte é atribuída ao custo mais elevado da tarifa de energia elétrica, embora aquecedores a gás exijam manutenções mais frequentes.

O sistema auxiliar a gás deve obedecer a normas de instalação que buscam garantir segurança máxima tanto para os operadores, quanto para os usuários finais. Em 16,7% das amostras, constatou-se a ocorrência de fuligem ou queima nos aquecedores, como mostrado no gráfico 9.2.10.



**Gráfico 9.2.10** • Resultado de pesquisa sobre ocorrência de fuligem ou queima nos aquecedores

Em 37,5% dos sistemas visitados, as tubulações de alimentação de GLP estavam identificadas de acordo com as normas de segurança. Os cabos para acionamento das bombas hidráulicas estavam acondicionados em eletrodutos em 88,5% das amostras, sendo que em apenas 9,4% delas essa condição não foi encontrada.

A acessibilidade dos sistemas foi avaliada de acordo com a segurança propiciada aos responsáveis pela instalação, possibilidade de limpeza e realização de reparos em coletores, reservatórios e demais componentes. Em 65,6% dos casos era permitido mínimo acesso aos equipamentos. Já em 29,2%, a manutenção do sistema poderia ser realizada, mas com situações de risco médio e extremo, 12,5% e 16,7%,

respectivamente. Nas figuras 9.2.11 e 9.2.12, são mostrados exemplos de níveis de acessibilidade encontrados nas instalações.



**Figura 9.2.11** • Exemplo de fácil acesso



**Figura 9.2.12** • Exemplo de difícil acesso

Para instalações de grande porte, a demanda de água quente é superior, o que resulta em volumes maiores e, conseqüentemente, em um número de reservatórios térmicos também maior. A existência de mais de um reservatório no sistema torna necessária a associação entre eles, a fim de aumentar a eficiência.

Nas instalações visitadas, observou-se ser mais usual a associação em série, ocorrendo em 68% dos casos, contra 12% em paralelo e 20% misto (paralelo e em série). Nas figuras 9.2.13, 9.2.14 e 9.2.15, têm-se exemplos dos três tipos de associações de reservatórios verificados.



**Figura 9.2.13** • Associação em paralelo



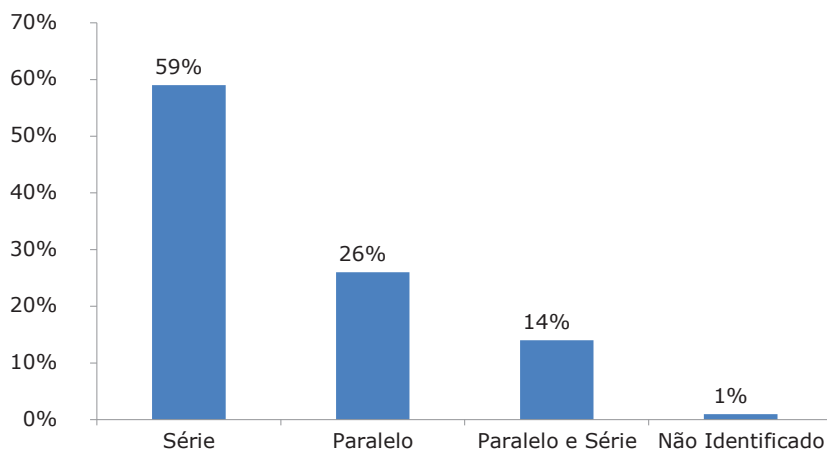
**Figura 9.2.14** • Associação em série



**Figura 9.2.15** • Associação mista (série-paralelo)

A maneira de se arranjar os coletores em uma instalação de aquecimento solar é um importante aspecto de projeto e pode, quando executado de forma incorreta, prejudicar substancialmente a eficiência do sistema. Em instalações de grande porte, nas quais o número de coletores solares é elevado, torna-se necessário realizar associações entre baterias de coletores a fim de otimizar o sistema quanto a vazão, eficiência e custos de interligação hidráulica.

Para isso, existem três modos de associação: paralelo, série e misto (paralelo e série). Nas instalações visitadas, 59% delas estavam associadas em série, contra apenas 26% em paralelo e 14% mista, como mostra o gráfico 9.2.11.

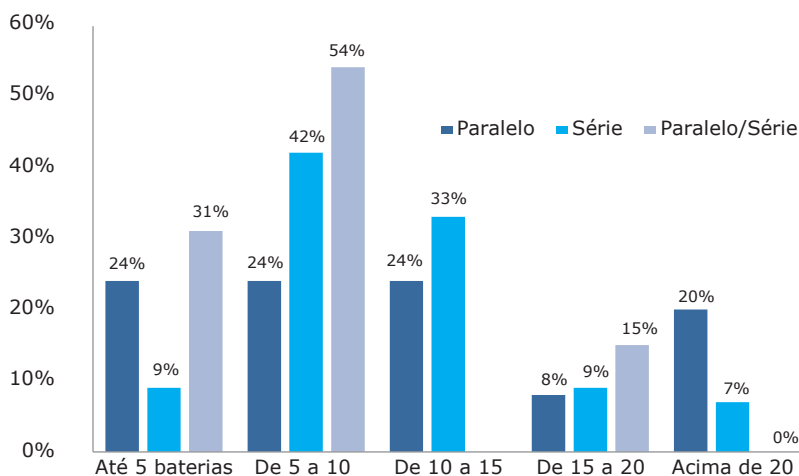


**Gráfico 9.2.11 • Associações de coletores solares**

Nas associações em paralelo, apenas 24% possuíam até cinco baterias associadas, restando 76% delas com número superior a esse. Segundo Andrade (2009), a associação de muitas baterias em série resulta na queda da eficiência do sistema. A associação em série de cinco baterias pode reduzir em cerca de 10% a eficiência dos coletores solares. A de 10 baterias em cerca de 21% e, em um caso extremo encontrado nas visitas, onde existiam 28 baterias de coletores associados em série, a redução pode chegar a cerca de 48% da eficiência original do coletor.

Como boas práticas de projeto, adota-se o valor máximo entre três e cinco baterias associadas em série. Cabe destacar que, dos sistemas pesquisados, somente 9% encontravam-se nessa faixa. Desse modo, vê-se a necessidade de capacitação de profissionais a fim de evitar a ocorrência desse aspecto.

No gráfico 9.2.12, é possível observar mais claramente a participação de cada tipo de associação nas instalações visitadas, com destaque novamente para o número expressivo de baterias associadas continuamente em série.



**Gráfico 9.2.12 • Associação de baterias de coletores solares**

Os valores da fração solar obtidos através de cálculos com base nos dados coletados nas instalações podem ser observados na tabela 9.2.3 abaixo:

**Tabela 9.2.3 • Fração solar das instalações visitadas**

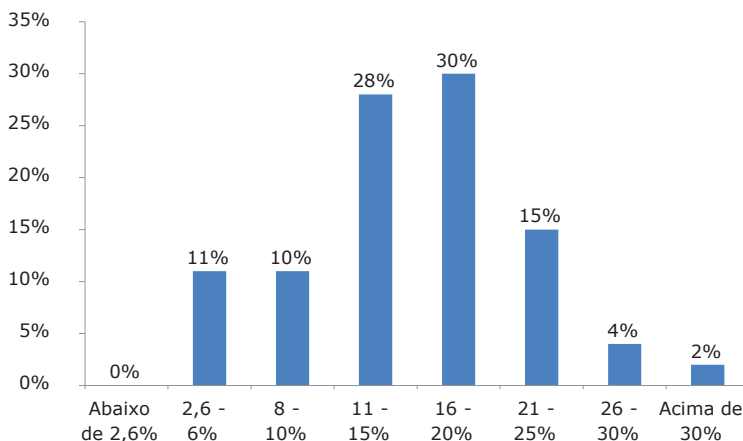
Fração Solar	
Faixas	%
Abaixo de 40	0
De 40 a 50	14
De 50 a 60	32
De 60 a 70	40
Acima de 70	14

Para a avaliação real da economia proporcionada pelo aquecimento solar, seria necessário conhecer-se a evolução temporal da eficiência térmica dos coletores solares ao longo de sua vida útil. Os dados atualmente conhecidos – parâmetros de entrada do modelo da Carta F<sup>1</sup> (Pereira, 2006) – são restritos aos coletores novos.

Para avaliar o sombreamento nas instalações de aquecimento solar visitadas, foi desenvolvida uma metodologia de cálculo que permite alcançar resultados conclusivos sobre o assunto. Das 96, apenas duas não tiveram o sombreamento avaliado, pois havia escassez de dados. Em 22% dos sistemas, o valor da sombra anual atingiu a faixa entre 2,6% e 10%; em 58%, a faixa de 11% a 20%, 19% na faixa de 21% a

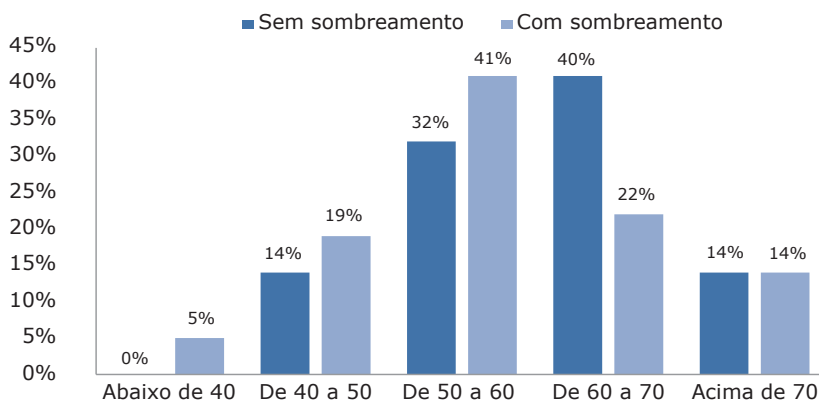
<sup>1</sup> Para a avaliação da economia de energia elétrica obtida com a utilização do aquecimento solar, nas condições específicas de cada construção, utiliza-se, internacionalmente, o Método da Carta F. Esse método avalia a contribuição da energia solar na demanda total de energia elétrica para aquecimento de água, conhecida como fração solar.

30%, e apenas 2% obtiveram sombra acima de 30% ao ano, conforme apresentado pelo gráfico 9.2.13.



**Gráfico 9.2.13** • Sombreamento anual dos SAS visitados

Verificou-se que o sombreamento ocasionou redução no valor da fração solar, mas não houve queda acentuada, já que os valores de sombreamento foram pequenos, e os períodos de incidência não geraram grande perda na radiação solar. Isso pode ser notado ao comparar-se os resultados de fração solar com e sem sombreamento, como exemplificado pelo gráfico 9.2.14.



**Gráfico 9.2.14** • Fração solar sem sombreamento x fração solar com sombreamento

Através dos resultados obtidos na pesquisa, observa-se que a maioria dos sistemas apresenta valores razoáveis de perda na fração solar por influência do sombreamento, visto que 85% deles se concentram nas faixas entre 0,2 e 6 pontos percentuais (p.p.).

No entanto, em 2% das instalações a perda na fração solar foi acima de 10 p.p., valor considerável para uma instalação de aquecimento solar. Nesses casos, a perda é acentuada devido ao horário em que o sombreamento ocorre, que é o período do meio-dia.

## Qualidade de produtos

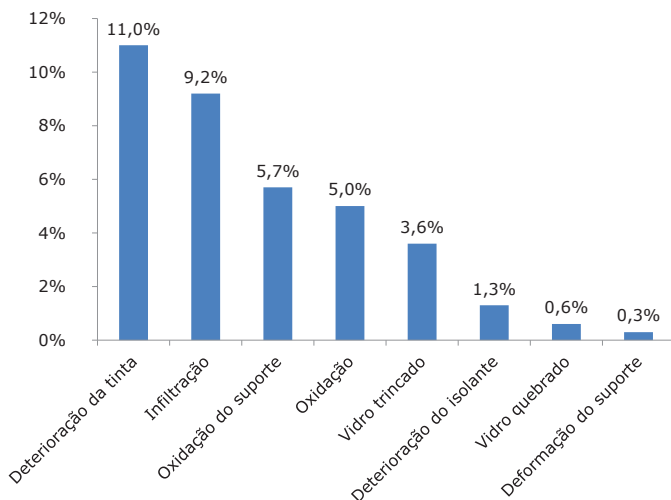
Os problemas mais detectados nos coletores solares foram a infiltração, a deterioração da tinta e a oxidação. No caso da infiltração, ocorrida em 9,2% dos coletores avaliados, viu-se que a maior incidência se deu nos coletores instalados antes de 1988, com 63% dos casos. Contudo, a área coletora instalada não foi muito grande e não interferiu substancialmente no total de equipamentos afetados. Foram identificados seis diferentes fabricantes de coletores solares.

Apesar de a infiltração ser um dos motivos causadores da deterioração da tinta, esse problema também pode ser consequência de outros fatores. Um deles é a má configuração dos coletores juntamente com o arranjo hidráulico incorreto. Por isso, não houve redução constante a partir de 1988, para o caso de oxidação.

Um fato que chama a atenção é a proximidade de resultados encontrados para oxidação e deterioração da tinta nos coletores instalados no período de 1988 a 1993, com 16,7% e 17%, respectivamente. Entende-se que esses dois problemas são provocados pela infiltração e, portanto, há possibilidade de um mesmo equipamento apresentar ambos. Nesse caso, ressalta-se a importância do ensaio de choque térmico e penetração de chuva no Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para garantir a qualidade e a durabilidade dos produtos.

Os problemas de vidro trincado e quebrado, deterioração do isolante e deformação do suporte do coletor apresentaram uma redução nas instalações mais recentes, sendo indicadores da necessidade de manutenção periódica, com vistas a garantir uma vida útil de 20 anos para os equipamentos.

O gráfico 9.2.15, a seguir, consolida os problemas detectados em coletores nas instalações de aquecimento solar visitadas e demonstra que os mais recorrentes referem-se à infiltração e deterioração de tinta.



**Gráfico 9.2.15** • Instalações que apresentavam coletores com problemas

Em relação aos reservatórios térmicos, avaliaram-se os aspectos de deformação e oxidação, constatando-se baixa incidência nos sistemas pesquisados. Em 54,2% dos casos, tais problemas não foram detectados, e em 20,8% eles se apresentaram de forma amena. Durante a pesquisa, foi possível identificar sete fabricantes de reservatórios térmicos.

## Conclusões

A pesquisa de campo realizada em 96 edifícios de Belo Horizonte forneceu a fundamentação necessária à elaboração de uma proposta inicial para os indicadores qualitativos de uma instalação de grande porte, divididos em três grupos (componentes, circuito primário e fração solar).

O estudo mostra claramente a necessidade de capacitação e treinamento de projetistas e instaladores de SAS, bem como a importância da realização de novos estudos de avaliação de coletores solares em operação.

Apesar da pequena adesão dos usuários ao preenchimento do questionário comportamental (apenas 2%), foi possível concluir que a falta de controle e acompa-



nhamento do desempenho do sistema de aquecimento solar demonstra o desconhecimento, por parte dos moradores, do estado real de funcionamento e dos benefícios proporcionados por ele. Tal fato pode ser um indicativo de que a opção pelo aquecimento solar, nesse estrato social, não tem como foco principal a economia proporcionada pelo sistema. Assim, destaca-se a necessidade de conscientização da população quanto aos benefícios do SAS e, ainda, a promoção de pesquisas de medição e verificação (M&V) que os comprovem cientificamente.

## Referências

ANDRADE, Alexandre Salomão. **Desenvolvimento de indicadores de qualidade para instalações de aquecimento solar de grande porte e aquecimento distrital**. Dissertação (Mestrado em Ciência em Engenharia Mecânica). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais: Belo Horizonte, 2009.

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte et al. **Curso de capacitação em aquecimento solar**: Projeto SolBrasil: manual do professor. Belo Horizonte: GREEN/PUC Minas, 2006.

# 9.3

## Aquecimento solar em piscinas

**Taygoara Felamingo de Oliveira** *UnB*

**João Ernesto Rios** *UnB*

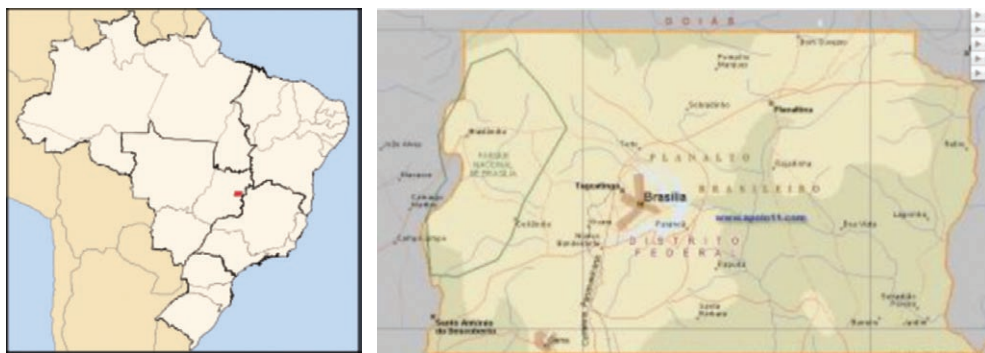
O trabalho de avaliação técnica de 90 unidades de aquecimento solar de piscinas, a maioria sob céu aberto, no Distrito Federal, em Brasília, é o foco deste texto. O texto aborda os pontos positivos, e aponta recomendações na aplicação desta tecnologia em piscinas. O estudo, realizado entre os meses de março e setembro de 2009, a partir de um universo amostral de 1.582 unidades, mostra que a percepção dos usuários é de que o sistema de aquecimento funciona satisfatoriamente.

## Introdução

A pesquisa para Avaliação das Instalações de Aquecimento Solar de Piscinas no Distrito Federal foi realizada por uma equipe composta de estudantes universitários e um mestrando, coordenados por um professor da Universidade de Brasília (UnB). O trabalho desenvolveu-se entre os meses de março e setembro de 2009, cobrindo um universo amostral de 1.582 piscinas com sistema de aquecimento solar, identificadas através de imagens aéreas, pesquisa por telefone e visita de campo.

Dentro desse universo, o tamanho da amostra inicialmente calculado foi de 120 unidades, entretanto, devido ao elevado índice de repetibilidade dos resultados e à grande dificuldade relatada pela equipe para realizar as inspeções locais, o número foi reduzido para 90 unidades.

A cidade de Brasília está localizada no Distrito Federal (figura 9.3.1), na região Centro-Oeste. É a quarta maior cidade brasileira, com uma população estimada de 2.606.885 habitantes (IBGE, 2009) e densidade demográfica de 449,3 hab/km<sup>2</sup>. A capital ocupa a primeira posição na lista dos maiores PIB *per capita* do país (IBGE, 2011).



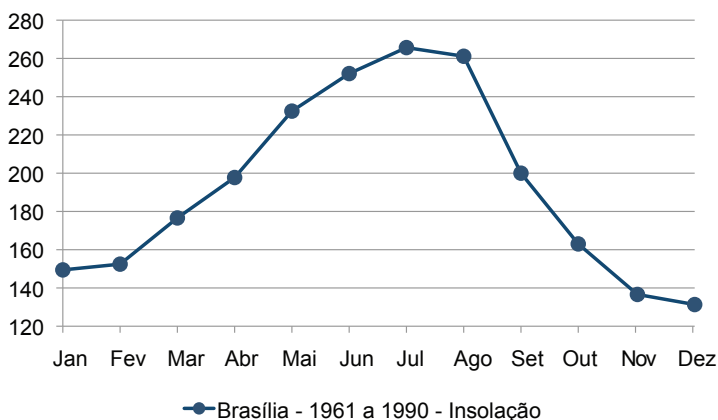
**Figura 9.3.1** • Mapa de localização de Brasília  
(Mapas-Brasil, 2012)

A temperatura média ao longo do ano varia de 19°C a 23°C, e a umidade relativa média anual na capital brasileira é de 67%, variando consideravelmente no período de abril a setembro, quando sofre uma diminuição e chega a alcançar níveis inferiores a 25% (Braga & Amorim, 2004).

Esse acoplamento de baixas temperaturas e umidades relativas que ocorre no inverno é bastante crítico para o aquecimento solar de piscinas. As perdas por evaporação correspondem a mais de 60% das perdas totais que ocorrem em uma piscina.

A bateria de coletores solares precisa compensar todas essas perdas térmicas para manter a temperatura no nível requerido pelo usuário.

A localização central de Brasília resulta em altos índices de insolação, que atinge 2.600 horas anuais, sendo a média no verão de 160 horas mensais e, no período seco, de 260 horas mensais (gráfico 9.3.1).



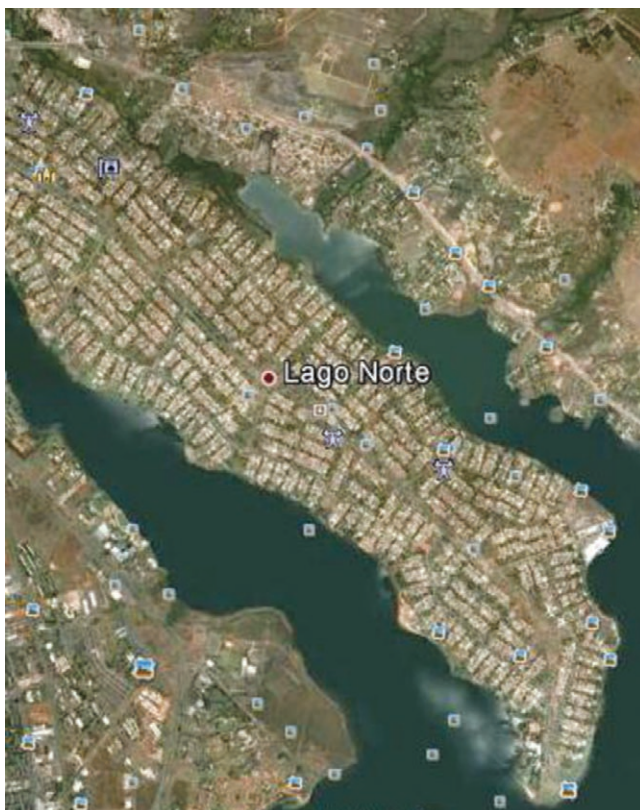
**Gráfico 9.3.1** • Horas de insolação de Brasília (INMET)

A irradiação solar apresenta valores elevados durante quase o ano todo, sendo que a componente direta é significativa no inverno. Tal condição é fator relevante para a disseminação do uso do aquecimento solar.

## Metodologia

A metodologia adotada para mapeamento de instalações consistiu, inicialmente, na análise de imagens aéreas, através da ferramenta Google Earth e Google Maps. Em uma primeira etapa, imagens de satélite dos bairros de Brasília foram coletadas. A figura 9.3.2 mostra uma imagem do bairro Lago Norte. Essa região é essencialmente residencial e tem grande incidência de casas com piscinas.

Foram estudadas instalações principalmente nos bairros Lago Norte e Lago Sul, onde há a maior concentração de residências (casas) com piscinas. Cada um desses bairros foi então sistematicamente estudado para identificar as casas com piscina



**Figura 9.3.2** • Imagem de satélite do bairro Lago Norte da cidade de Brasília (Google Maps)

aquecida por captação solar. Para isso, fotos de satélite com maior resolução foram empregadas. Como se pode ver no exemplo da figura 9.3.3, é possível visualizar com clareza quais residências são equipadas com sistema de aquecimento solar para piscina. Os endereços das residências de interesse foram anotados, e um pedido de permissão para a realização da inspeção era feito por telefone ou pessoalmente, por algum membro da equipe. Como foi dito, a amostra final analisada foi de 90 instalações (poderia ser maior, porém, era necessária permissão dos moradores para o acesso às instalações).

Durante a visita técnica, eram coletadas informações sobre a piscina e a instalação, tais como: dimensões da piscina; tipo de revestimento; existência de cobertura para a piscina; tipo de tratamento da água; quantidade de litros, fabricante e modelo das placas solares; além do estado geral da casa de máquinas e dos equipamentos

nela abrigados, entre outras. Também eram coletadas informações sobre os hábitos de utilização e manutenção da piscina e do sistema de aquecimento solar.



**Figura 9.3.3** • Exemplo de residência equipada com sistema de aquecimento solar para piscina

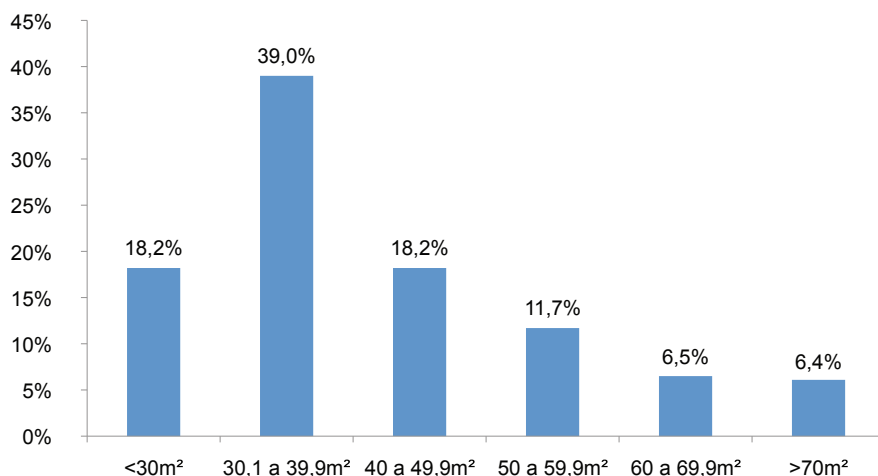
## Resultados e discussão

Das piscinas observadas nas 90 instalações, 97,4% ficavam a céu aberto. Esse tipo de piscina possui a vantagem de favorecer o ganho direto de radiação incidente em sua superfície e a desvantagem de perdas térmicas por evaporação e convecção maiores do que em piscinas fechadas. Também no período noturno, sobretudo nas estações de menor neblagem, as piscinas descobertas sofrem perdas significativas de calor para a abóboda celeste por radiação térmica.

O tratamento da água mais utilizado é o cloro, que apareceu em 87% dos casos, e como material de revestimento, o azulejo foi identificado em 68,8% das amostras.

A área da piscina é um dos principais fatores a serem considerados no dimensionamento do sistema de aquecimento solar. No caso de Brasília, deve-se levar em conta que quanto maior a superfície da piscina, maiores serão as perdas evaporativas. Assim,

o sistema deve ser capaz de suprir tais perdas a fim de garantir o conforto dos usuários. Os valores para a profundidade média das piscinas variaram de 0,95 m a 1,65 m, com maior incidência dos valores de 1,5 m (36,4%) e 1,4 m (19,5%). No gráfico 9.3.2, são mostrados os valores de área para as amostras pesquisadas.



**Gráfico 9.3.2** • Área da piscina (m<sup>2</sup>)

Segundo a Federação Internacional de Natação (FINA)<sup>1</sup>, a temperatura ideal para a prática de esporte está entre 25°C e 28°C, porém, o uso da piscina para atividades de lazer permite que a temperatura seja escolhida de acordo com as preferências de seu usuário. Em Brasília, identificou-se que a temperatura de operação de 52% das piscinas estava na faixa de 28°C a 32°C, não havendo casos abaixo de 26°C. Observou-se também que 6,5% das piscinas operavam em uma faixa de 32°C e 34°C, e 1,3% acima de 34°C. Nesses casos, as perdas por evaporação são mais elevadas.

O coletor mais utilizado para o aquecimento solar de piscinas foi o tipo aberto (sem caixa metálica e vidro), que foi identificado em 94,8% das instalações visitadas (figura 9.3.4). Já o material dos coletores era do tipo polimérico em 90,9% das amostras. Foram identificados nove tamanhos diferentes de coletores nas instalações de Brasília. Pode-se observar uma ocorrência maior dos tamanhos de 1m<sup>2</sup> a 1,5 m<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> FINA Facilities Rules 2009-2013. Disponível em <<http://www.fina.org>>. Acesso em 3 janeiro, 2012.

que totalizaram 15% das amostras. Porém, ao analisar os números individualmente, verificou-se que não há predomínio de nenhum tamanho em específico.



**Figura 9.3.4** • Coletor aberto instalado no Palácio do Planalto, Brasília

De acordo com a pesquisa, 76,6% dos coletores solares estavam instalados no telhado das edificações. Como 39% das piscinas possuíam área entre 30 m<sup>2</sup> e 40 m<sup>2</sup> e as temperaturas de operação mais utilizadas estavam entre 28° e 32°C, as áreas coletoras identificadas eram pertinentes: inferior a 22 m<sup>2</sup> (13%) e de 22 m<sup>2</sup> a 40 m<sup>2</sup> (10%). Apesar de coletores abertos não precisarem de inclinação, pois são usados para baixas temperaturas e a radiação incidente no plano horizontal já supre a energia requerida para aquecer a água da piscina, verificou-se que 41,6% dos coletores possuíam inclinação entre 10° e 20°. Tal fato pode ser explicado pela inserção de coletores nos telhados, que possuem inclinações variadas. Em Brasília, há um grande número de instalações com desvios azimutais inapropriados. Ainda assim, 32,5% dos sistemas apresentaram essa variável com valor considerado apropriado, abaixo de 30°.

Das 90 instalações pesquisadas, 90,9% não apresentaram vazamento nos coletores, o que mostra a qualidade do material empregado no equipamento. Com relação à etiquetagem dos sistemas visitados, apenas 23,4% possuíam algum tipo de identificação, como a Etiqueta do Inmetro (3,9%), o selo do fabricante (18,2%) e o Selo Procel Eletrobras (1,3%), conforme exemplo da Figura 9.3.5.



**Figura 9.3.5** • Exemplo de coletor com etiqueta do Inmetro



Na pesquisa, só foi possível identificar sete fabricantes diferentes de coletores, atingindo cerca de 30% dos modelos pesquisados. Quanto ao restante, não foi possível identificar a empresa fornecedora, podendo ser, inclusive, de fabricação não industrial.

Quanto ao isolamento do controle diferencial de temperatura, essencial para o bom funcionamento do sistema, 62,3% das instalações pesquisadas apresentaram isolamento adequado deste componente. Em 15,6% dos casos, não foi identificado controle de temperatura da água da piscina, assim como 90,9% do *timer* para acionamento das bombas.

Ao se analisar em detalhes do aquecimento auxiliar, constatou-se que 92,2% das instalações visitadas não faziam uso. Isso pode ser explicado pelo hábito de não se utilizar a piscina nos meses mais frios, por uma questão de economia no custo operacional da piscina ou como medida de redução do investimento inicial (Pereira, 2006<sup>2</sup>). Apenas 6,5% dos sistemas possuíam bomba de calor como aquecimento auxiliar (os outros 1,3% não foram acessados).

Quando se analisa a tubulação do sistema, verifica-se que o uso de PVC é encontrado em 93,5%, o que pode ser explicado por resistir a temperaturas próximas de 40°C sem sofrer deformações, ser atóxico e resistente a intempéries. Em Brasília, identificou-se que 90,9% das bombas hidráulicas utilizadas para promover a circulação de água nos coletores também trabalhavam no sistema de filtragem. Tal hábito é importante porque reduz a chance de entupimento dos equipamentos. A pesquisa mostrou que as potências de bombas de aquecimento solar mais usadas eram 3/4 cv, 1/2 cv e 1 cv, com porcentagens de 28,6%, 24,7% e 22,1%, respectivamente.

No que diz respeito à segurança, viu-se que 70,1% das instalações não apresentaram riscos operacionais, ao passo que um número significativo de 22,1% mostraram algum risco de curto-circuito. Esse é um problema que deve ser resolvido através da realização de treinamento e capacitação dos instaladores e técnicos. Da mesma maneira, a utilização de eletrodutos para a passagem dos cabos de acionamento e do circuito elétrico deve ser incentivada, a fim de evitar acidentes e preservar os componentes elétricos do sistema. Essa providência foi tomada para os cabos de acionamento em 51,9% das instalações. Já para o circuito elétrico, o uso dos eletrodutos se distribuiu em totalmente (42,9%) e parcialmente (15,6%). Outra boa prática de

---

<sup>2</sup> Fonte: Curso de Capacitação em Aquecimento Solar – Manual do Professor. Projeto SolBrasil/Finep

segurança é o alojamento dos equipamentos em uma casa de máquinas, que também facilita seu acesso e manutenção pelo técnico de manutenção. Em 93,5% das localidades pesquisadas, tal situação pode ser observada (figura 9.3.6). No entanto, na quase totalidade das casas de máquinas inspecionadas, não se verificou a existência de um dreno de água, havendo risco de alagamento das instalações e eventual dano aos equipamentos.



**Figura 9.3.6** • Exemplos de equipamentos em casas de máquinas

A identificação da empresa responsável pela instalação ou manutenção do sistema foi encontrada em apenas 10,4% das instalações.

Também se constatou que 68,8% das instalações apresentaram boa acessibilidade, enquanto 26% com acesso de médio risco e apenas 1,3% com extremo risco.

## Conclusões

Neste trabalho, realizou-se uma pesquisa de campo visando avaliar o estado das instalações de aquecimento solar de piscinas na cidade de Brasília. Foram identificadas 1.582 instalações, das quais 90 foram inspecionadas. De fato, das piscinas observadas, 97,4% ficavam a céu aberto, e a maioria era mantida a uma temperatura entre 28° e 32°C, não havendo casos em que a temperatura fosse inferior a 26°C; 94,8% das instalações utilizavam coletor sem caixa de vidro; e 90,9% eram construídas com material polimérico e não apresentaram vazamento. Constatou-se que 92,2% das instalações visitadas não faziam uso de sistema auxiliar de aquecimento. Em 70,1% dos casos analisados, não havia riscos operacionais, apesar de que, em 22,1% das instalações, observou-se risco de curto-circuito.

De acordo com os resultados da pesquisa, pode-se concluir que, de forma geral, as instalações mantêm um padrão de funcionamento aceitável. No entanto, seria recomendável a difusão da importância de selos de qualidade entre os usuários e fabricantes, para estabelecer um padrão de qualidade mais apurado, e que oriente os consumidores no processo de aquisição de um sistema solar de aquecimento de piscinas.

A maioria das casas de máquinas inspecionadas encontrava-se ao nível do solo e não apresentavam um sistema de drenagem adequado, impondo riscos de alagamento e curto-circuito. Dessa forma, investimentos na correta instrução dos instaladores seriam importantes.

Finalmente, observou-se que grandes instalações em clubes ou escolas utilizam, na grande maioria, sistemas a gás ou elétricos em detrimento de sistemas solares. Em face disso, um programa de incentivo para grandes instalações seria interessante.

## Referências

BRAGA, D. K. ; Amorim, C. N. **Conforto térmico em edifícios residenciais do Plano Piloto de Brasília**. In.: Anais... Conferência Latino-Americana de construção sustentável e encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. São Paulo, 2004.

FINA. Federação Internacional de Natação. **Facilities Rules 2009-2013**. Disponível em: <<http://www.fina.org>>. Acesso em: 3 de janeiro de 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Contas Regionais do Brasil – 2005-2009**: Tabela 8, p. 27. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2009/contasregionais2009.pdf>>. Acessado em 23 de novembro de 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 1º de julho de 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/>> Acesso em: 15 de dezembro de 2011.

MAPAS Brasil. Disponível em: <<http://www.mapas-brasil.com/distrito-federal.htm>>. Acesso em: 2012.

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte et al. **Curso de capacitação em aquecimento solar**: Projeto SolBrasil: manual do professor. Belo Horizonte: GREEN/PUC Minas, 2006.

# 9.4

## Aquecimento solar em hotéis e pousadas

**Marilda Ferreira Guimarães** *IFBA*

Este texto destaca estudo da situação dos sistemas de aquecimento solar de água em hotéis e pousadas, na cidade de Porto Seguro (BA), que compreendeu uma amostra de 77 unidades, sendo a maioria formada por empreendimentos térreos. A pesquisa realizada em 2009 envolveu visita *in loco* para análise das instalações e suas características, avaliação do comportamento do hóspede e consultas a empresários sobre utilização e manutenção dos equipamentos.

## Características geográficas e geológicas da localidade

A cidade de Porto Seguro localiza-se no estado da Bahia (figura 9.4.1), na região Nordeste do Brasil, a 714 km de distância da capital, Salvador, em uma região denominada de Extremo Sul da Bahia. Possui uma população de 122.896 habitantes (IBGE, 2009<sup>1</sup>) e é considerada um dos mais importantes pontos turísticos do país. Entre as atividades econômicas relevantes estão o turismo, a extração mineral, a pecuária e a pesca. A cidade está localizada no planalto costeiro, a uma altitude de 4m. Apresenta uma temperatura média anual de 24°C, sendo a mínima registrada de 20,9°C, e a máxima, de 30,6°C (Prefeitura Municipal de Porto Seguro). A insolação total em Ilhéus<sup>2</sup> é de 2.483 horas ao ano, com maior número de horas de sol no período do verão. A latitude de Porto Seguro é 16°26'59" Sul. Possui clima quente no verão e úmido e subúmido no inverno, com precipitação pluviométrica variando de 900 mm a 1800 mm.



**Figura 9.4.1** • Mapa de localização de Porto Seguro no estado da Bahia e foto aérea da cidade

O solo predominante na região é latossolo vermelho e amarelo. A área na região de Porto Seguro insere-se num contexto geológico de ambiente sedimentar Terciário (Formação Barreiras) e Quaternário (Cordões Litorâneos). O consumo de água é suprido, na sua maior parte, por poços perfurados no aquífero associado à Formação Barreiras, principal unidade estratigráfica da área (Monteiro, 2001).

<sup>1</sup> IBGE, 2009. Estimativas preliminares para 1º de julho de 2009, publicadas no D.O.U. em 14 de agosto de 2009

<sup>2</sup> A cidade de Ilhéus (BA) está situada a 300 km de Porto Seguro (BA), sendo a localidade mais próxima com dados de insolação no Atlas Solarimétrico Brasil (Tiba, 2000).

## Relevância histórica e ambiental da região

Segundo dados da Secretaria de Turismo de Porto Seguro (SecTur), o município foi criado em 1534, tendo sido o primeiro núcleo habitacional do Brasil. Atualmente, abriga prédios e peças valiosas do século XVI, com destaque para o Marco do Descobrimento, a Igreja de Nossa Senhora da Pena e a Casa de Câmara e Cadeia, na qual se encontra o Museu de Porto Seguro. Na parte baixa da cidade, existe um conjunto arquitetônico do século XVII, também tombado pelo Patrimônio Histórico.

Ainda há remanescentes dos povos indígenas, como os Pataxós: cerca de 1.817 índios vivem na Aldeia Barra Velha (SEI, 2011). Porto Seguro possui um conjunto de unidades de conservação, entre elas o Parque Nacional e Histórico do Monte Pascoal, criado em 1961, destinado à preservação da fauna e da flora, além dos rios, lagos e regiões de manguezais.

## O universo da pesquisa e a composição da amostra

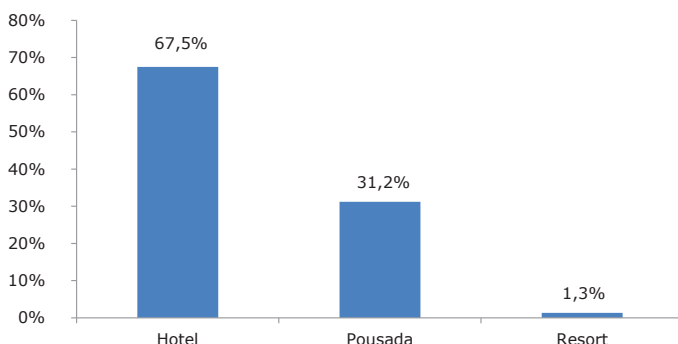
Porto Seguro foi uma das cidades selecionadas para compor o projeto porque, historicamente, o aquecimento solar se apresentou como uma opção interessante para o aquecimento de água nos meios de hospedagem locais. Além de ter um custo mais baixo, a possibilidade de tornar os estabelecimentos menos dependentes da concessionária de energia era um fator relevante para a escolha.

Após um trabalho de identificação dos estabelecimentos, chegou-se a um número de 150 hotéis e pousadas com sistema de aquecimento solar de água. Após esse trabalho inicial, o tamanho da amostra ficou consolidado em 77 unidades. Destas, 58% não apresentavam classificação em número de estrelas.

A pesquisa constatou que os empreendimentos hoteleiros são predominantemente térreos (93,5%), sendo o restante com configuração do tipo sobrado (figura 9.4.2). Em relação à área total ocupada, 16,7% da amostra era menor que 1.000 m<sup>2</sup>. Áreas entre 1.000 m<sup>2</sup> e 5.000 m<sup>2</sup> correspondem a 15,6%. O percentual de entrevistados que não sabem a área de seu empreendimento foi o maior, 59,7%. Outras faixas de área somadas representam os 8% restantes. A classificação da hospedagem em Porto Seguro é mostrada no gráfico 9.4.1.

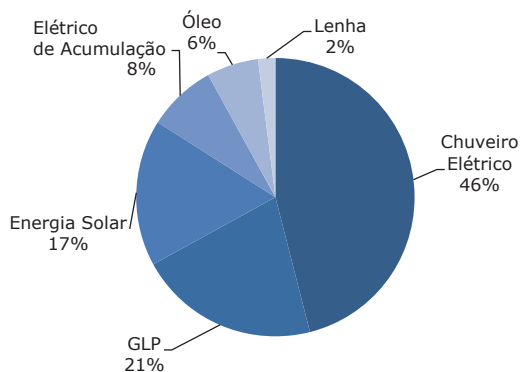


**Figura 9.4.2** • Exemplos de hospedagens pesquisadas em Porto Seguro



**Gráfico 9.4.1** • Classificação de hospedagem

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Hotéis (ABIH), a opção pelo uso do aquecimento solar na rede hoteleira cresceu na última década. O gráfico 9.4.2 mostra a diversidade energética para aquecimento de água na rede hoteleira brasileira, na qual a energia solar ocupa uma fatia de 17%.



**Gráfico 9.4.2** • Aquecimento de água da rede hoteleira brasileira (ABIH, 2005)

Vale ressaltar que este número tende a crescer ainda mais se for considerado que, por se tratar de um sistema de acumulação, diferentemente do chuveiro elétrico, que possui um sistema de aquecimento de passagem, oferece um melhor conforto ao hóspede, apresenta um padrão estético mais aprazível e não é passível da ocorrência de defeitos no momento do banho como choques elétricos ou queima de resistências. Todos estes fatores levam os estabelecimentos

a adotarem sistemas de aquecimento de acumulação e, entre eles, o aquecimento solar ainda apresenta a vantagem do custo menor quando comparado a sistemas a gás ou elétricos, ainda oferecendo ao estabelecimento uma vantagem por ser uma energia limpa.

## Grau de satisfação com a tecnologia

Percebeu-se a necessidade de utilização de instrumentos de pesquisa diferenciados para avaliar o usuário final do sistema, neste caso específico, o hóspede. Assim, a avaliação do conhecimento e da satisfação dos hóspedes em relação à tecnologia em estudo demandou a aplicação de questionários direcionados. Quanto ao conhecimento sobre a energia solar para o aquecimento de água, 93,1% dos entrevistados declararam conhecer essa possibilidade. Quando perguntados se eles sabiam que a água do hotel/pousada era aquecida por energia solar, 51,7% responderam que sim.

Outro ponto de interesse da pesquisa em relação ao comportamento do hóspede era investigar a frequência e a duração dos banhos. Quanto às características do banho, 65,5% declararam que sempre usavam água quente, e 34,5% somente às vezes. Já o número de banhos diários se concentrava de dois (48,3%) a três (41,4%), e a duração ficou distribuída entre cinco a 25 minutos: 34,3% declararam que tomavam banho entre cinco e nove minutos, 34,4%, entre 10 e 12 minutos e 27,5%, entre 15 e 25 minutos. Foi observado que o hábito de tomar banho quente não se restringia à estação do ano: mesmo no verão, os hóspedes mantinham a preferência pelo banho quente.

A maioria absoluta dos hóspedes (93,1%) demonstrou satisfação com a temperatura da água. Com relação ao tempo que a água quente leva para chegar ao ponto de consumo, a maioria (96%) declarou ser, no máximo, um minuto. Esse resultado levou 79,3% dos entrevistados a declarar satisfação com o tempo de espera.

A pesquisa investigou, também, se os hóspedes gostariam de ter em sua casa um aquecedor solar de água. A declaração de “sim” foi feita por 65,5% dos entrevistados; a resposta negativa foi dada por 10,3%. Pelo menos 20,7% dos hóspedes responderam que já possuíam um aquecedor solar de água em sua residência. Mais de 50% dos hóspedes entrevistados eram oriundos da região Sudeste, mais especificamente dos estados de Minas Gerais e São Paulo.

Na avaliação da satisfação dos gerentes/empreendedores com a tecnologia solar para aquecimento de água, constatou-se que 94% dos pesquisados demonstraram uma satisfa-



ção global com o uso do sistema solar térmico. Quanto à economia de energia elétrica, 89,6% dos entrevistados responderam que perceberam benefícios. Observou-se que essa percepção não era mensurada ou pelo menos sistematizada: eles não diferenciavam os valores gastos no verão e no inverno (necessidade do uso do aquecimento auxiliar).

## Características do sistema

A predominância dos sistemas se deu na opção por bombeamento, com 64,9% dos casos estudados, e 31,2%, por termossifão. As instalações visitadas tinham em média mais de 10 anos em operação, podendo ser consideradas sistemas antigos em sua maioria.

A pesquisa apontou a maior utilização do aquecimento auxiliar elétrico, chegando a quase 90% do total pesquisado. A outra opção foi o uso do gás, porém, com um percentual que não alcançou 3% do total de equipamentos. Nos 7% restantes estavam os grupos dos equipamentos que não foram visitados e/ou acessados ou dos entrevistados que declararam não conhecer sobre o sistema auxiliar.

Em relação às áreas dos coletores, elas foram classificadas por faixas de 10m<sup>2</sup> a 20m<sup>2</sup>, de 20m<sup>2</sup> a 40m<sup>2</sup>, de 40m<sup>2</sup> a 60m<sup>2</sup> e de 60m<sup>2</sup> a 80m<sup>2</sup>. Pode-se dizer que a distribuição de ocorrência por área coletora foi de certa maneira homogênea, sendo constatado uma pequena elevação no número de coletores com áreas entre 20m<sup>2</sup> a 40m<sup>2</sup> (19%) e um percentual um pouco menor, cerca de 12% de área entre 60m<sup>2</sup> a 80m<sup>2</sup>.

Verificou-se, em relação à idade das instalações, que a maioria foi implantada no período de 1994 a 2003 (48,1%) - tabela 9.4.1.

**Tabela 9.4.1** • Idade das instalações de aquecimento solar

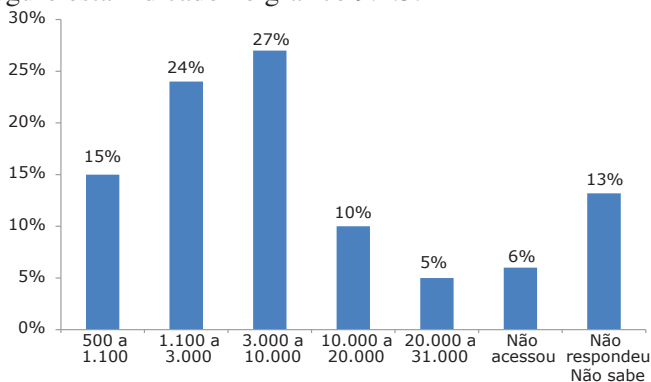
5,2%	6,5%	23,4%	24,7%	14,3%	25,9%
Até 1988	1989/1993	1994/1998	1999/2003	2004/2009	NS/NR

## Inclinação dos coletores

A inclinação mais frequente dos coletores solares em Porto Seguro é a que se situa no intervalo entre 15° e 20°, encontrada em 37% das instalações. A inclinação ideal, por conta da localização geográfica, ficaria aproximadamente em 25°. Este fato pode ser atribuído à falta de mão de obra com conhecimento adequado ou erros de projeto. Com inclinação inadequada, o equipamento tem um rendimento inferior, deixando de gerar um aquecimento mais eficiente para o usuário.

## Instalação dos reservatórios

Dos reservatórios térmicos, cerca de 90% estavam apoiados nas lajes ou em átrios, cobertos por telhados. O volume dos reservatórios usados no setor hoteleiro de Porto Seguro está indicado no gráfico 9.4.3.



**Gráfico 9.4.3 • Volume dos reservatórios térmicos (em litros)**

Quando pesquisadas as condições das instalações dos reservatórios térmicos, viu-se que, em 64,1% dos casos, existia identificação da empresa responsável pela instalação ou manutenção dos equipamentos. O isolamento nas tubulações dos reservatórios estava presente em apenas 41% dos casos, e oxidação (figura 9.4.3) ou deformação dos suportes dos reservatórios foi verificada em cerca de 22% das instalações.



**Figura 9.4.3 • Ocorrência de oxidação nos suportes de alguns reservatórios**

A falta do isolamento aumenta a perda de calor para o meio externo, diminuindo a conservação da temperatura e contribuindo para a redução do rendimento do equipamento.

A dificuldade de acesso aos reservatórios é um fato que dificulta a manutenção preventiva e corretiva. Observou-se que este fenômeno não se restringe apenas aos reser-

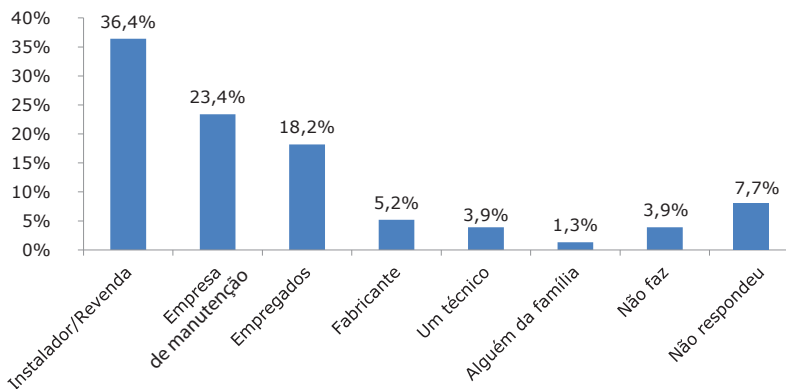
vatórios térmicos, mas também aos coletores solares. Em parte das instalações, o acesso aos reservatórios era realizado por meio de improvisações, o que torna o trabalho perigoso, e vai contra as normas de segurança vigentes (figura 9.4.4).



**Figura 9.4.4 •** Dificuldade de acesso aos sistemas

## Manutenção

A manutenção do sistema solar térmico era realizada por diversos segmentos de agentes do mercado e até mesmo pelo próprio usuário. No gráfico 9.4.4, pode-se ver em detalhes essa segmentação. Observa-se, contudo, que as revendas e instaladores predominam quanto a manutenção dos sistemas. Doravante, quanto mais bem treinados e bem distribuídos estiverem as revendas e instaladores, maior a possibilidade de uma assistência técnica de qualidade ser oferecida aos clientes, ocasionando mais confiabilidade ao uso da tecnologia.



**Gráfico 9.4.4 •** Responsável pela manutenção e assistência técnica ao sistema solar térmico

Os serviços de manutenção também foram avaliados e 63,6% dos gerentes entrevistados declararam que algum problema no sistema de aquecimento solar já havia sido detectado. A maioria (70,2%) ainda declarou satisfação com as manutenções, inspeções e com os serviços realizados pelas empresas. Além disso, em 55,8% dos empreendimentos pesquisados, as revendas foram as responsáveis pelo projeto e dimensionamento das instalações.

A falta de rotina de manutenção pode ser apontada como um fator negativo que poderia até comprometer a escolha pela tecnologia. Na maior parte dos estabelecimentos, não havia uma pessoa bem informada sobre o equipamento. Normalmente os gerentes dos estabelecimentos ou chefes de manutenção respondiam aos questionários sem ter muito conhecimento sobre o sistema. Informações importantes como tempo de uso, economia gerada, manutenção preventiva, manutenção corretiva, número de vezes que o sistema auxiliar era acionado, não eram informadas.

Os coletores com Selo Procel Eletrobras foram identificados em apenas 15,6% das amostras. Na maioria dos casos, não foi possível identificar e rastrear essa informação.

## Limpeza dos coletores

Embora a limpeza dos vidros seja um fator relevante para o bom funcionamento do sistema, observou-se *in loco* que um número significativo de coletores encontrava-se sujo. Observou-se uma contradição entre o que era declarado pelos entrevistados e o que era observado ao longo das visitas. Enquanto que nas entrevistas mais de 70% dos entrevistados declararam fazer a limpeza periodicamente, na prática observou-se um percentual menor, em torno de 58%, conforme ilustra o gráfico 9.4.5. Os pesquisadores de campo observavam o estado de limpeza dos coletores e assinalavam “sim” quando se encontravam limpos e “não” quando observada alguma condição adversa.

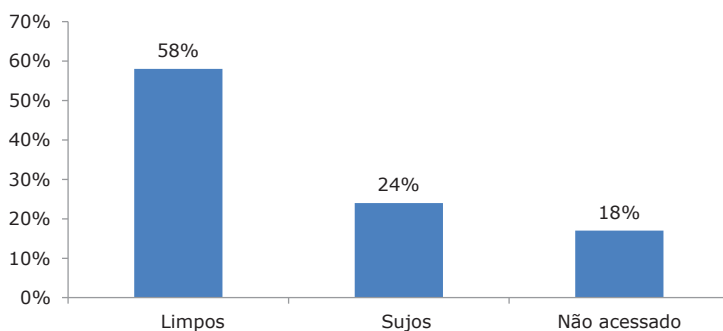


Gráfico 9.4.5 • Limpeza de coletores

A limpeza dos coletores é um processo simples, realizado com água e sabão, podendo ser feito por um funcionário do próprio hotel, desde que devidamente treinado. Observou-se a total inexistência de planos de manutenção nos quais estivessem previstos desde os mais simples procedimentos até os mais complexos.

### Conservação e sombreamento das placas

O sombreamento, pelo menos parcial, sobre as placas coletoras foi constatado em 27% dos sistemas de aquecimento solar. Vale ressaltar que as construções em Porto Seguro são, na sua maioria, térreas, o que minimiza a possibilidade do sombreamento por outros edifícios. A ocorrência de sombreamento fica praticamente restrita à vegetação no entorno, conforme pode ser visto na figura 9.4.5.



Figura 9.4.5 • Instalações prejudicadas por sombreamento de vegetação

Em 31% dos casos estudados, verificou-se a existência de vidros quebrados. Percebe-se que este é um número significativo. Com o vidro quebrado, o rendimento e a vida útil desses coletores ficam comprometidos (figura 9.4.6).



Figura 9.4.6 • Vidros trincados e quebrados nos coletores solares

Outras situações inadequadas como o crescimento de vegetação nas placas, também foram constatadas (figura 9.4.7).



**Figura 9.4.7** • Crescimento de vegetação nas placas devido à falta de manutenção

## Conclusões

Ao longo da pesquisa notou-se que os responsáveis por zelar pela manutenção geral do sistema de aquecimento solar não dispõem muita atenção ou orçamento para tal finalidade. Outro fator relevante é que na maioria dos estabelecimentos visitados observou-se que a idade dos sistemas, geralmente instalados a partir de 1998, era bastante elevada.

Percebeu-se que o difícil acesso às instalações implicou uma dificuldade para a realização da avaliação dos sistemas. Os usuários adquirem o sistema, mas não requisitam ou cobram um projeto de instalação, ocasionando grandes dificuldades de manutenção por causa do acesso. São locais apertados, escuros e com fiação exposta e risco iminente de ocorrência de curto circuito em muitas pousadas e hotéis.

Porto Seguro é uma cidade cuja legislação local permite obras com gabarito máximo de sobrados; dessa forma, os problemas relacionados ao sombreamento devido às construções praticamente não existem. O sombreamento, diferentemente do que se observa em grandes metrópoles, se dá apenas por árvores e vegetação. Concluiu-se também a plena satisfação com o uso da tecnologia adotada para o aquecimento de água na região, tanto por parte dos donos dos estabelecimentos como também pelos hóspedes.

## Referências

ABRAVA. Associação Brasileira da Indústria de Hotéis. **Censo Qualitativo da Hotelaria Nacional 2005**. Disponível em: <<http://www.abih.com.br/Censo2005.php>>. Acesso em: 13 de agosto de 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 1º de julho de 2009**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2009/>> Acesso em: 15 de dezembro de 2011.

MONTEIRO, Alexandre C.; Porsani, Milton J. Delimitação do topo de aquífero na região de Porto Seguro: Bahia através da inversão de sondagens elétricas verticais. **Revista Brasileira de Geofísica**, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geofísica, v.19, n. 3, setembro/dezembro, 2001.

PREFEITURA Municipal de Porto Seguro. Disponível em: <[http://www.portonet.com.br/portoseguro/dados\\_gerais.asp](http://www.portonet.com.br/portoseguro/dados_gerais.asp)>. Acesso em: 2011.

SEI. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Anuário estatístico da Bahia, 2010**. Salvador: Governo do Estado da Bahia, Secretaria do Planejamento, 2011. Disponível em: [http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=73&Itemid=110](http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=73&Itemid=110). Acesso em: 2012

TIBA, C. et al. **Atlas solarimétrico do Brasil**: banco de dados solarimétricos. Recife: Universitária da UFPE, 2000. 111p.

# 9.5

## Aquecimento solar em hospitais

**João Tavares Pinho** UFPA

**Wilson Negrão Macedo** UFPA

Para obter um panorama inicial da situação dos sistemas de aquecimento solar em hospitais, realizou-se, em Belém (PA), um estudo contemplando duas instituições que continham esse tipo de instalação. Foram feitas visitas *in loco* para avaliar as instalações existentes. Durante as visitas atentou-se para o estado de conservação, manutenção e operação. Este texto aborda os resultados desse estudo, sugerindo também alguns pontos de melhoria, de forma a tornar a utilização e a disseminação dessa tecnologia mais eficiente.



## Características geográficas de Belém

A cidade de Belém, capital do estado do Pará, localiza-se nas coordenadas geográficas 01° 27'S e 48° 28'O, a uma altitude média de 10 m (World Climate, 2011). Possui uma área de cerca de 1.060 km<sup>2</sup> e população de aproximadamente 1.393.000 habitantes (IBGE, 2010), sendo a segunda maior cidade da região Norte do Brasil, que compreende a maior parte da Amazônia brasileira, e um dos mais importantes pontos turísticos da região.

A cidade apresenta uma temperatura média anual de 26°C, com médias máxima e mínima de 32°C e 22°C, respectivamente, umidade relativa média anual de 86%, e precipitação média mensal de 241 mm. O período de maior precipitação ocorre entre janeiro e maio, cujas médias mensais são maiores que o dobro das médias dos demais meses do ano.

A insolação total em Belém é de aproximadamente 2.400 horas ao ano, com maior número de horas de sol no período de agosto a outubro (World Climate, 2011). O consumo de água da cidade é suprido, na sua maior parte, pela captação dos lagos Bolonha e Água Preta e do rio Guamá (Cosanpa, 2011).

## Sistemas de aquecimento solar em hospitais

Para ilustrar a situação de sistemas de energia solar para aquecimento de água em hospitais, tomaram-se como exemplos um hospital e uma clínica, ambos em Belém.

A instalação de sistemas de aquecimento solar (SAS) em unidades de saúde (hospitais, maternidades, prontos-socorros e similares) é uma valiosa oportunidade de reduzir o consumo de energia elétrica dessas instituições, já que necessitam de grande quantidade de água quente em suas atividades diárias.

Além da redução de gastos com aquecimento de água em vestiários, lavanderias e cozinhas, o que já justificaria o aproveitamento da energia solar nas unidades de saúde, a importância da água quente ultrapassa o uso nessas áreas, podendo, em muitos casos, auxiliar no tratamento dos pacientes.

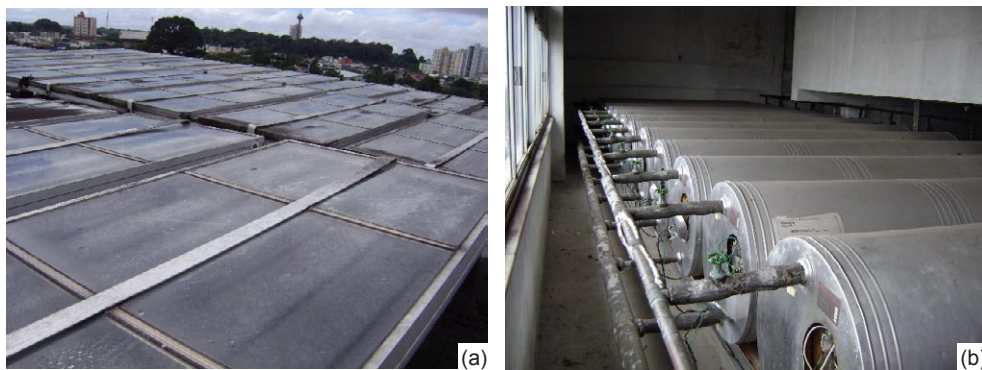
Em maternidades, um dos benefícios proporcionados pelo uso da água quente é o chamado “banho longo”, utilizado como método de alívio à dor e ao descon-

forço antes do parto. Em hospitais especializados em atendimento a queimados, pode-se diminuir pela metade o tempo de duração do tratamento através do “banho quente com água corrente”, fundamental no tratamento.

O contexto apresentado demonstra que a questão econômica é importante, porém, não deve ser a única motivação para a instalação de um sistema de aquecimento solar nessas unidades. Existem outros ganhos que devem ser considerados, como a melhoria da qualidade do atendimento aos pacientes e das condições de trabalho da equipe médica.

### Características dos sistemas

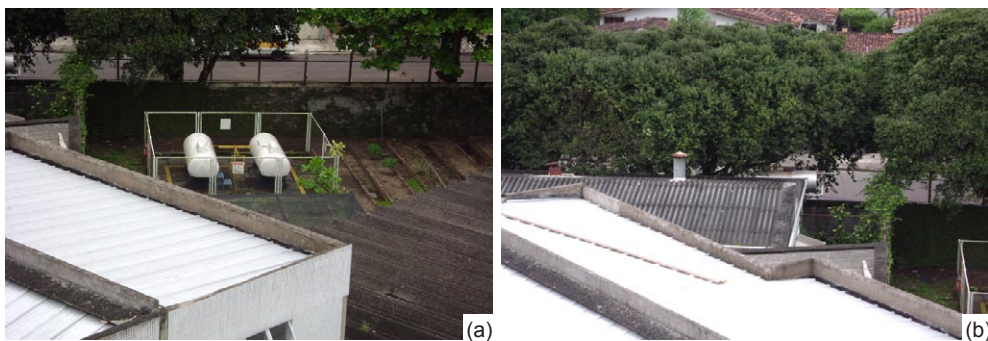
Um dos empreendimentos está localizado em um prédio com cinco andares. O sistema de aquecimento solar foi instalado há aproximadamente 15 anos, utilizando coletores e reservatórios, como mostrado na figura 9.5.1 - a,b.



**Figura 9.5.1 - a,b** • Instalações de aquecimento de água do hospital:  
(a) coletores solares e (b) reservatórios térmicos

O sistema é composto por 81 coletores planos, com área total de 116,64 m<sup>2</sup>, instalados na laje de cobertura do prédio, fixados em suportes metálicos sobre bases de concreto, com azimute de 180° e inclinação de 2,5°. A área de instalação é completamente livre de sombreamento. Com relação ao sistema de armazenamento, este é composto por 13 reservatórios térmicos horizontais com capacidade de 1.000 litros cada. O sistema utiliza circulação forçada, por meio de quatro bombas hidráulicas, duas encarregadas de circular água pelos coletores e, as outras, atuando no anel de recirculação das prumadas de água quente.

O sistema também possui equipamento auxiliar de aquecimento, constituído por seis resistências elétricas de 5 kW cada, acopladas a alguns dos reservatórios térmicos. Há também uma caldeira a gás (figura 9.5.2 - a,b), utilizada para atividades que requerem temperaturas mais elevadas, como lavagem de roupas, esterilização de materiais cirúrgicos e também para a cozinha. O prédio faz uso também de torneiras elétricas nas pias das clínicas do 2º andar.



**Figura 9.5.2 - a,b** • Sistema de aquecimento a gás: (a) reservatórios de gás e (b) chaminés da caldeira

O outro empreendimento é especializado em fisioterapia para crianças, e seu sistema de aquecimento solar foi instalado no início de 2009, através de um convênio com a concessionária de eletricidade local, Rede Celpa, como parte do seu programa de eficiência energética. O tratamento de alguns dos pacientes é realizado em uma piscina de pequeno porte, com capacidade de 3.000 litros (figura 9.5.3), cuja água deve estar a uma temperatura entre 30° e 35°C.



**Figura 9.5.3** • Piscina utilizada para fisioterapia dos pacientes da clínica

O sistema é constituído por apenas um coletor solar, de 5,32 m<sup>2</sup>, do tipo polimérico para aquecimento de piscinas, que está localizado no telhado do prédio (figura 9.5.4), com inclinação de 15° e azimute de -120°, porém sujeito a sombreamento temporário de boa parte de sua área coletora, devido à proximidade do prédio vizinho. A circulação é forçada com auxílio de uma bomba hidráulica.



Figura 9.5.4 • Coletor com sombreamento em mais da metade da área coletora

## Estado de conservação e funcionamento dos sistemas

Na primeira instalação, os coletores estavam sujos, oxidados e com infiltração, havendo também quatro unidades com vidros quebrados (figura 9.5.5 - a,b,c). Os coletores também apresentavam deterioração do isolante e da tinta, os suportes estavam oxidados, apresentando musgo sob si, devido às chuvas e ao vazamento de alguns coletores, e as tubulações apresentavam falhas no isolamento em vários pontos (figura 9.5.6 - a,b,c).

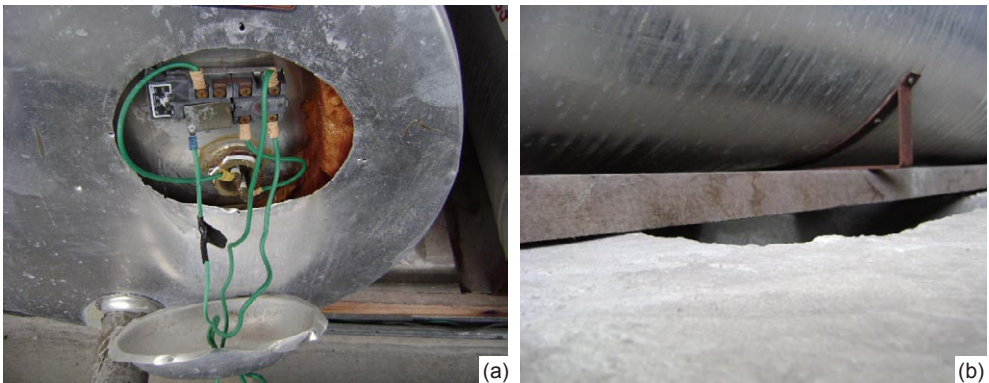


Figura 9.5.5 - a,b,c • Estado dos coletores: (a) sujeira e oxidação, (b) vidros quebrados, (c) infiltração

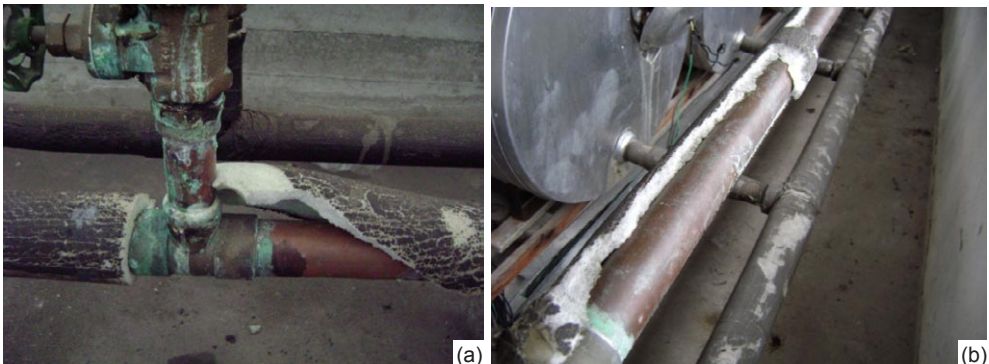


**Figura 9.5.6 - abc** • Estado da instalação: (a) oxidação dos suportes, (b) falha no isolamento das tubulações, (c) musgo sob os coletores devido a vazamentos

Os reservatórios térmicos encontravam-se em bom estado de conservação, porém observou-se que, em vários deles, a tampa protetora do sistema elétrico estava solta e o isolamento interno, exposto. Os suportes dos reservatórios também estavam oxidados (figura 9.5.7 - a,b). Foram verificadas diversas avarias no isolamento térmico das tubulações do sistema, que também apresentavam um alto grau de oxidação (figura 9.5.8 - a,b).



**Figura 9.5.7 - a,b** • (a) Reservatório com tampa protetora do sistema elétrico solta e (b) suporte oxidado



**Figura 9.5.8 - a,b** • Detalhes do mau estado de conservação das tubulações do sistema: (a) oxidação da tubulação e (b) falhas do isolamento térmico

Devido às diversas avarias apresentadas pelo sistema, ocasionadas pela falta de manutenção, o sistema auxiliar de aquecimento por meio das resistências elétricas acabou tornando-se a principal fonte de calor, com as resistências em constante operação.

Mesmo sendo uma instalação mais recente, o sistema do segundo empreendimento analisado já apresenta problemas com o coletor, que possui ondulações e a formação de uma saliência em sua superfície, quando deveria estar completamente liso. O coletor também apresentou vazamento no tubo de saída de água quente, que foi solucionado com a aplicação de cola no local (figura 9.5.9 - a,b,c).



**Figura 9.5.9 - a,b,c** • Problemas identificados no coletor: (a) e (b) ondulações e formação de uma saliência na superfície do coletor. (c) detalhe do tubo que apresentou vazamento e foi vedado com cola

Devido aos problemas identificados, o sistema mostrou-se ineficiente, pois não alcançou as temperaturas requeridas para as atividades da instituição, tendo que ser utilizada uma resistência elétrica para o aquecimento da água.

## Conclusões

Nos dois casos analisados, os sistemas não estão funcionando adequadamente devido ao seu estado de conservação. Observou-se em ambos os empreendimentos que não houve a manutenção adequada dos sistemas, seja por falta de orçamento para tal, ou por desconhecimento do funcionamento dos equipamentos e da real economia de energia elétrica ou de outras fontes, que pode ser proporcionada pela sua correta operação.

Conclui-se que o fator determinante para a ineficiência dos sistemas nos casos analisados é o desconhecimento e/ou falta de orientação dos usuários dos SAS quanto à utilização desta fonte de energia e sua manutenção. Sugere-se realizar um

trabalho visando à capacitação dos instaladores, tanto em relação à realização das instalações quanto à orientação aos usuários.

## Referências

COSANPA. Companhia de Saneamento do Pará. **Perfil do abastecimento de água na região metropolitana de Belém**. Cosanpa, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Resultados do Censo 2010**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas\\_pdf/total\\_populacao\\_para.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/total_populacao_para.pdf)>. Acesso em: 12 de dezembro de 2011.

WORLD Climate. **Data for Belém: Brazil**, 2011. Disponível em: <<http://www.climate-charts.com/Locations/b/BZ82191.php>>. Acesso em: 5 de dezembro de 2011.

# 9.6

## Aquecimento solar em residências de média e alta renda

**José Tomaz Vieira Pereira** *Unicamp*

**Jane Tassinari Fantinelli** *NIPE - Unicamp*

A pesquisa de Avaliação das Instalações de Aquecimento Solar no município de Campinas (SP), realizada entre julho de 2007 e fevereiro de 2008, é o foco deste texto. O estudo reúne dados sobre o uso de sistemas de aquecimento de água, instalação e manutenção desses equipamentos, além de informações sobre comportamento, hábitos e grau de satisfação dos moradores de classe média e alta em relação à utilização da tecnologia. A economia de energia verificada funciona como um grande estímulo para seu emprego.



## Introdução

A região metropolitana de Campinas é formada por 22 cidades com 2,2 milhões de habitantes. A cidade consolida-se como um centro de formação científica – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Pontifícia Universidade Católica (PUC), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Cooperativa de Assistência Técnica Integral (CATI) etc – e pelos polos de alta tecnologia da Companhia de Desenvolvimento do Polo de Alta Tecnologia de Campinas. Configura-se espacialmente com a concentração dos segmentos sociais de grande poder aquisitivo (12% da população) em áreas condominiais fechadas, dotadas de modernos padrões de infraestrutura de segurança. Os bairros residenciais são dotados de serviços de segurança privada para acesso e saída da moradia.

A pesquisa de avaliação dos sistemas de aquecimento solar (SAS) foi realizada entre julho de 2007 e fevereiro de 2008 com enfoque nas residências de média e alta renda. A amostragem estatística foi definida em função da disposição espacial de renda nominal do chefe de família, realizada pela prefeitura da cidade, com dados do IBGE, em 2001 (Seplama, 2007), e ficou distribuída entre bairros (45%) e condomínios fechados (55%).

## As famílias entrevistadas

Os entrevistados estão enquadrados entre os de maior escolaridade da população de Campinas: 83% possuem curso superior, dos quais 39% têm pós-graduação. As entrevistas foram respondidas em 94,5% pelos chefes de família, sendo 60% pelas esposas e 34,5% pelos maridos, e os demais 5,5% por outros membros. A pesquisa revelou o grande percentual de adultos residentes: 76% são maiores de 19 anos, dos quais 46% possuem mais de 40 anos. Jovens entre 10 e 19 anos são 16%, e crianças, 8%.

## Caracterizações das residências com coletores solares

As moradias constituem-se majoritariamente de sobrados (70%) e casas térreas (30%), conforme figura 9.6.1 - a,b,c. Residências entre 150 m<sup>2</sup> e 300 m<sup>2</sup> foram 42% da amostra; acima de 300 m<sup>2</sup>, 47%. Embora a densidade habitacional média seja de 3,6 habitantes por residência, é importante detalhar a sua distribuição: 43% das residências

possuem entre dois e três habitantes; 29% possuem quatro; 13% possuem cinco; 8% entre seis e sete, 4%, somente uma pessoa, e 3%, outras configurações.



Figura 9.6.1 - a,b,c • Residências com coletores solares em condomínios fechados

## A instalação de coletores solares

Os campineiros começaram a usar sistemas de aquecimento solar a partir de 1980. A pesquisa revelou que 85% das residências foram projetadas e construídas pelos seus proprietários. Para os moradores que adquiriram os domicílios já prontos (11%), a existência de coletores solares já representava um fator determinante para a decisão da compra. Até 1999, pelo menos 35% das moradias já usavam sistemas de aquecimento solar. A partir desta data, houve um enorme incremento, com dois picos significativos: 2002 e 2005.

No intervalo compreendido entre 2000 e 2007, é que ocorre um significativo crescimento de novas moradias neste segmento social, com 46% delas já planejadas e construídas com sistemas de aquecimento solar (gráfico 9.6.1). Pelo menos 16% de novos sistemas foram adaptados nas residências já existentes neste período.

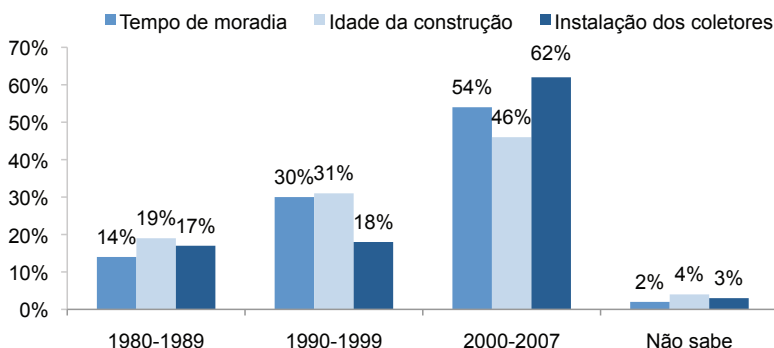
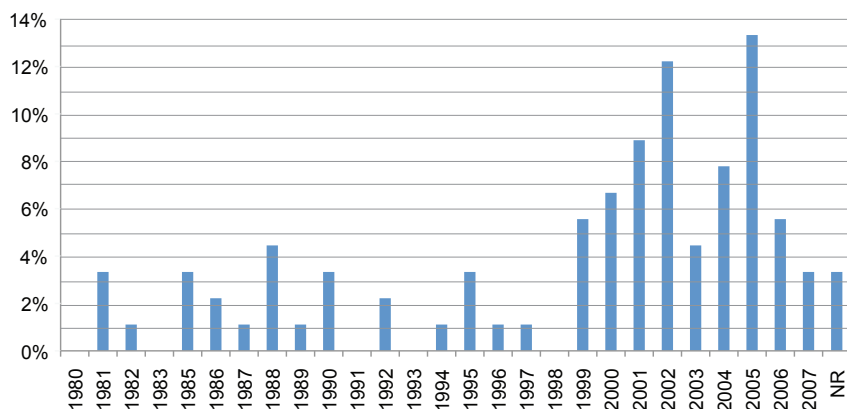


Gráfico 9.6.1 • Tempo de moradia, idade da construção e instalação de coletores de 1980 a 2007.

O aumento do uso de SAS em Campinas está estreitamente relacionado ao contingenciamento de energia elétrica ocorrido nas regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste, em 2001. Como o uso do chuveiro elétrico representava um dos maiores consumos na demanda de eletricidade na classe residencial, a energia solar, com fins de aquecimento de água para o banho, surgiu como uma alternativa para evitar a privação do consumo de água quente.

O fim da obrigatoriedade do contingenciamento de eletricidade ficou refletido na queda brusca dos percentuais de instalações de coletores, após 2002 (gráfico 9.6.2). Dos 12% instalados em 2002, passou para 4,5% em 2003. O novo incremento nos dois anos sucessivos, 2004 e 2005, atingiu um percentual de 21%, e, a partir daí, novamente o seu decréscimo em 2007, com um percentual instalado de apenas 3%.



**Gráfico 9.6.2** • Evolução da instalação de coletores solares em Campinas

## Os hábitos de banho

A fim de estabelecer relações com a possível economia de energia elétrica, a pesquisa investigou comportamentos em relação ao banho. Os hábitos de horário de banho com aquecimento solar não se alteraram para 90% dos pesquisados, que se concentravam em banhos pela manhã (24%) e ao anoitecer (47%).

A análise sobre o comportamento das famílias em relação ao uso do chuveiro elétrico ao longo do ano mostrou que no verão não havia consumo de energia elétrica

para o aquecimento da água do banho em 67% das residências. O chuveiro elétrico estava presente em 66% das residências pesquisadas, permanecendo desligado durante o verão em 51% das residências, e no inverno, em 40%. Esse comportamento pode ser explicado em função do clima da cidade. No verão as temperaturas variam de 18°C a 29,5°C e, no inverno, de 13,5°C a 26,3°C.

O gráfico 9.6.3 mostra o tempo de banho desse segmento social. Intervalos entre cinco e 10 minutos são compartilhados por um percentual considerável de pais (42% esposas, 33% esposos). Cerca de 19% de esposos não conseguiram definir o tempo dispendido. A partir de 10 minutos eram os filhos que permaneciam mais tempo no banho. Em relação à frequência diária de banhos os maiores percentuais são para um e dois banhos, no entanto, haviam pais que tomavam até três.

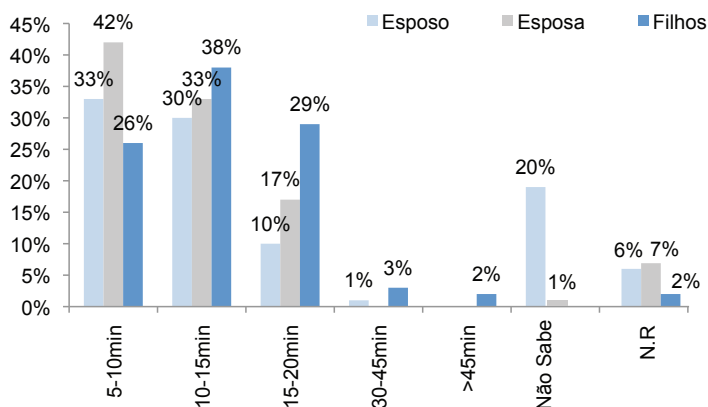


Gráfico 9.6.3 • Tempo de banho nas famílias de média e alta renda em Campinas

## Comportamento da família frente à nova tecnologia

Constatou-se que a iniciativa de instalar o SAS na residência partiu de um consenso familiar em 79%. A influência de arquitetos e engenheiros foi restrita, apenas 9%. Para 43% dos entrevistados, a decisão foi fundamentada na economia dada pela redução do uso da energia elétrica. Para 33% dos consultados, a economia foi associada à consciência ambiental, e para 12%, ao conforto. Foi a universidade (23,5%) a que mais exerceu influência para a disseminação do uso da energia solar térmica entre as famílias pesquisadas. O

segundo maior percentual de influência, de 18%, foi registrado para amigos e vizinhos, seguido de revistas, com 12,5%. A TV aberta (5%), os livros (4,5%) e a internet (3,5%) mostraram pouca influência nas decisões das classes mais abastadas da cidade.

A interação da família com a tecnologia instalada foi verificada para mensurar os ganhos obtidos com o uso e manutenção adequada e o alcance da melhor relação custo e benefício. Os sistemas que operam por termosifão representavam 94% do total, e 6% era o índice para sistemas bombeados.

As residências das classes média e alta renda foram construídas em terrenos com grandes dimensões justificando que, para 87% dessas moradias, não existia sombreamento sobre os coletores, e que para 96% não havia problemas com as novas construções vizinhas. Danos ocorridos foram registrados em 10% das instalações, como a quebra espontânea do vidro.

A pesquisa constatou que 54% dos sistemas de aquecimento solar apresentaram algum tipo de problema. Destes, 23% já tinham sido solucionados. Os entrevistados relataram que muitos problemas estavam relacionados à instalação inicial do sistema, mas todos haviam sido reparados pelo fabricante ou pela revenda. Uma parcela de 46% dos entrevistados respondeu que nunca teve problemas.

## Manutenção do sistema solar térmico

A investigação sobre a operacionalidade do sistema solar térmico serviu para diagnosticar a existência de problemas, além da interação e da apropriação da tecnologia pelos usuários.

As manutenções não foram realizadas em 37% das instalações; em 41%, a manutenção foi feita pelos agentes de venda: empresa especializada (21%), fabricante (14%) e vendedor (6%). Em 37% das residências, foram chamados os agentes que fizeram a instalação do sistema: um técnico (21%) e um instalador (16%).

A avaliação para a manutenção realizada mostrou a falta de qualificação dos técnicos para solucionar os problemas: 51% dos entrevistados se manifestaram insatisfeitos, dos quais 13% avaliaram como péssima e 38% como ruim.

Campinas é uma cidade que, no outono e no inverno, possui baixa frequência de chuvas. Aliada à estiagem, existe a queima dos canaviais da região, cuja fuligem e particulados se depositam, por meses, em telhados, gramados, ruas e carros. No entanto, em 69% das moradias a cobertura de vidro dos coletores solares nunca foi limpa, por desconhecimento da sua necessidade. Em 22% das moradias, os coletores eram limpos pelo menos uma vez por ano. Apesar do alto percentual de coletores sujos, a ineficiência do sistema não foi percebida pelos usuários. A limpeza dos vidros certamente aumentaria a temperatura da água e contribuiria para elevar o grau de satisfação dos usuários.

## O consumo de água quente e uso final

A água quente com aquecimento solar era disponibilizada em todos os banheiros da casa, com exceção dos banheiros de serviço, que possuíam os chuveiros elétricos. Depois das torneiras dos banheiros, o local de maior uso de água quente era a cozinha (69%) e a banheira de hidromassagem (67%). Foi registrado o uso nas máquinas de lavar louça e de lavar roupa em uma única residência. A investigação do número de banheiros por residência mostrou que os maiores percentuais eram para quatro e três unidades por residência e todos com aquecimento solar.

## Grau de satisfação com o uso do aquecimento solar de água

Para aprofundar o levantamento dos principais problemas e, igualmente, o grau de satisfação com o uso da tecnologia solar térmica, foram investigadas 41 variáveis, através de sete blocos específicos de análise. A metodologia adotada foi a da estatística descritiva, com o estabelecimento de uma escala de valores de cinco pontos: péssimo, ruim, satisfatório, bom e ótimo. Foi estabelecido o valor três para a média mínima aceitável. Os resultados da avaliação da satisfação com o sistema de aquecimento solar estão expostos na tabela 9.6.1.

**Tabela 9.6.1 • Grau de satisfação com a tecnologia solar térmica nas moradias de média e alta renda em Campinas**

INVESTIGAÇÃO	Frequência absoluta	Grau de satisfação	Média aritmética
<b>a. QUALIDADE PERCEBIDA COM O USO DO SAS</b>			
Temperatura da água no verão (no banho)	90	ótimo	4,5
Temperatura da água no inverno (no banho)	90	bom	3,8
Temperatura da água nos dias nublados (no banho)	90	satisfatório	3,4
Quantidade de água no verão (no banho)	90	ótimo	4,7
Quantidade de água no inverno (no banho)	90	bom	4
Quantidade de água nos dias nublados (no banho)	90	satisfatório	3,3
Tempo médio de espera no verão (no banho)	90	bom	4,3
Tempo médio de espera no inverno (no banho)	90	bom	3,6
Tempo médio de espera nos dias nublados (banho)	90	satisfatório	3,3
Satisfação geral quanto ao banho (chuveiro)	90	bom	4,3
Aquecimento da água no lavabo	29	satisfatório	3
Aquecimento da água na banheira	66	bom	3,7
Aquecimento da água nos lavatórios	81	bom	3,9
Aquecimento da água nas duchas higiênicas	49	satisfatório	2,9
Aquecimento da água na cozinha	72	satisfatório	2,9
Aquecimento da água na lavanderia	20	satisfatório	3,1
<b>b. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA</b>			
Uso do aquecimento auxiliar elétrico	64	bom	3,6
Consumo de energia elétrica	68	satisfatório	2,9
Economia de energia elétrica	90	bom	3,9
<b>c. FORMAÇÃO DE CONSCIÊNCIA AMBIENTAL</b>			
Redução de impactos ambientais	90	satisfatório	3,3
Redução do efeito estufa	90	satisfatório	3,3
Redução de construção de usinas termoelétrica e hidroelétrica	90	bom	3,7
Educação da família para sustentabilidade ambiental	90	bom	4,2
<b>d. QUALIDADE DO SISTEMA</b>			
Quantidade de água quente para o banho com conforto	89	bom	4,2
Operação de mistura de água quente e fria	83	bom	4
Segurança no fornecimento de água quente	87	bom	4
Qualidade dos equipamentos	89	bom	4
<b>e. MANUTENÇÃO DO SISTEMA</b>			
Cuidados da família quanto à manutenção do SAS	85	bom	3,9
Manutenção necessária para o funcionamento do SAS	77	satisfatório	3,4
Manutenção dada ao SAS por quem foi contratado	53	ruim	1,7
Solução dada ao problema existente pelo contratado	56	satisfatório	2,9
<b>f. CONFIANÇA NO FORNECEDOR (fabricante/revendedor)</b>			
Garantia ofertada para os equipamentos	90	satisfatório	2,5
Serviços oferecidos	90	satisfatório	2,6
Dimensionamento nos diversos pontos de utilização	90	satisfatório	2,8
Posicionamento dos coletores no telhado	90	satisfatório	3
Conhecimento sobre a tecnologia	90	satisfatório	2,5
Confiança para nova compra	90	satisfatório	3
Fidelidade para a compra da mesma marca	90	satisfatório	2,6
<b>g. PREÇO DO SISTEMA</b>			
O sistema solar térmico	90	muito caro	2,3
Serviço de instalação	55	muito caro	2,1
Manutenção de rotina	41	satisfatório	2,6

## Qualidade percebida com o uso do sistema solar térmico

A cultura brasileira valoriza o banho como uma conduta de bem-estar, prazer e, sobretudo, como um ato terapêutico. Isso se reflete na valorização dos projetos de banheiros, que se constituem em verdadeiras salas de banho, com sofisticado *design* de equipamentos, louças, metais e espaços arquitetônicos. Dos 15 itens avaliados para estabelecer o grau de satisfação com a qualidade percebida com o uso do SAS, a parcela maior foi dedicada ao banho da família. Foram analisadas situações de uso no verão, inverno e dias nublados, em relação à temperatura da água, quantidade de água quente disponível e o tempo de espera para a vazão da água quente. O grau de satisfação para estes itens se mostrou diferenciado para cada condição climática, mas com conceitos de tendência positiva, de satisfatório a ótimo.

O grau de satisfação geral com o aquecimento solar nos banheiros obteve um conceito bom. Somente 5% declaram ruim. O cruzamento de dados entre número de moradores, área da residência e usuários insatisfeitos mostrou que, somente em uma situação, a causa do problema pode ser diagnosticada como o de mau dimensionamento do SAS. Os demais casos não apresentaram relações pertinentes entre área da residência, densidade habitacional e dimensionamento.

### A insatisfação

Os resultados obtidos com as avaliações negativas (ruim e péssima) são importantes para a pesquisa, pois evidenciam com maior precisão os problemas pontuais das instalações de cada residência e que, ao se repetirem estatisticamente, servem de subsídio para gerar condutas corretivas. Como causas possíveis da insatisfação dos usuários, a pesquisa investigou a relação entre o gasto excessivo com energia elétrica, a baixa eficiência energética do sistema e o dimensionamento inadequado do reservatório térmico para o consumo necessário. O item “temperatura da água nos dias nublados” foi o que apresentou o maior percentual de insatisfação: 31% dos entrevistados. Foi seguido pelo item “quantidade de água quente nos dias nublados”, com 30%, e “tempo médio de espera nos dias nublados”, com 28%. Para o clima de inverno, os percentuais foram de 12%, 15% e 19%, respectivamente.



Os resultados das respostas “a água é morna”, “pouca água quente” e “a água é fria” representaram 20% dos entrevistados insatisfeitos, refletindo que o sistema não foi dimensionado para o atendimento da demanda da residência ou tinha baixa eficiência energética. Para 26% dos entrevistados, foram registrados os seguintes motivos de insatisfação, distribuídos em: congelamento nos tubos de circulação de água quente; queima da resistência elétrica no reservatório de água quente; problema de instalação; problemas na bomba; problemas no termostato; problemas na válvula de escoamento; e problemas no isolamento.

## O tempo médio de espera da água quente

O tempo médio de espera foi verificado através de duas maneiras, o da percepção cotidiana dos usuários (98%) e o cronometrado pelos pesquisadores na ducha da suíte do casal (somente em 54% das moradias, pois os demais não permitiram o acesso). Para 49% dos entrevistados, o tempo de espera era menor do que um minuto e, para 49%, era de um a cinco minutos (os outros 2% não responderam à pesquisa).

Na verificação dos pesquisadores, o tempo de espera foi de até 30 segundos em 25% das moradias; entre 31 e 60 segundos em 35%; entre 61 e 90 segundos em 8%; e entre 91 e 120 segundos em 24%. Deve ser considerado que as medições não contemplaram uma série de variáveis como condições climáticas, horário, uso recente do chuveiro para banho, posição do reservatório térmico e número de banheiros.

Houve, de maneira geral, uma natural manifestação sobre a quantidade de água a ser expurgada até a saída de água quente. Embora os entrevistados tenham declarado que fizeram uma opção pelo uso do sistema solar térmico para obter economia de energia elétrica (89%), a insatisfação foi revelada em relação ao desperdício de água (“a água quente custa a sair”), que se constituiu em 11% dos entrevistados.

O relato era de que, se na cozinha o tempo de espera era bom, no banheiro e nas torneiras dos lavatórios era insatisfatório ou vice-versa. Reclamaram de o sistema não estar contribuindo para a preservação do meio ambiente, pois a água também se constituía em energia. Muitos perguntaram se havia uma maneira de evitar ou reverter a situação.

## Confiança nos agentes de comercialização

Os fabricantes eram os principais agentes de venda nos segmentos pesquisados. Eles foram responsáveis por 50% das vendas, seguido das revendas, com 27%. Em lojas, foram comprados 4% dos sistemas. Em 6% já existia o SAS nas residências.

O Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia é um dos instrumentos de indução da eficiência energética em diversos equipamentos, eletrodomésticos e sistemas de aquecimento solar no país. Para 31% dos entrevistados, os equipamentos comprados não tinham a etiqueta do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) ou o Selo Procel Eletrobras. Somente 9% afirmaram que existia e que foram influenciados pela existência da etiqueta/Selo para a decisão de compra do sistema. A maior parcela, 59% dos entrevistados, desconhecia.

A investigação sobre o dimensionamento (número de coletores e volume do reservatório), o posicionamento dos coletores e dos reservatórios térmicos mostrou os fabricantes como os profissionais mais consultados (33% para dimensionamento e 29% para posicionamento dos SAS), seguidos de engenheiros e arquitetos (24% para dimensionamento e 22% para posicionamento dos SAS). Uma parcela de 11% dos entrevistados não tinha conhecimento sobre o item questionado.

## Consumo de energia elétrica

O consumo de energia elétrica nas moradias foi obtido através da transcrição da conta de luz de 60% das residências pesquisadas (retrospecto do consumo de eletricidade de um ano, de 2006 a 2007) ou pelo consumo médio mensal declarado pelo entrevistado. O consumo de energia elétrica neste segmento de renda, antes de 2001, oscilava entre 456 kWh/mês e 526 kWh/mês. Com o contingenciamento de energia, passou para 235 kWh/mês, em média. Passado esse período, o consumo em 2003 voltou a subir até chegar novamente aos níveis de 1999 (Varela, 2004), em torno de 380 kWh/mês. Os resultados desta pesquisa estão expostos na tabela 9.6.2, mostrando o consumo médio de 408 kWh/mês.

**Tabela 9.6.2** • Consumo de energia elétrica em residências na média e alta renda em Campinas e o consumo médio brasileiro (2007)

Faixa de Consumo (kWh/mês)	Consumo de Campinas* (%)	Consumo na região Sudeste (%)	Consumo brasileiro** (%)
0 a 200	17	44	50
201 a 400	41	34	28
401 a 500	23	6	6
> 500	19	16	16
	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

\*Consumos apurados pelos autores em kWh/mês: 100 a 200=16%; 201 a 300=13%; 301 a 400= 28%; 501 a 600=8%; 601 a 700=5%; 701 a 800=3%; 801 a 950=3%

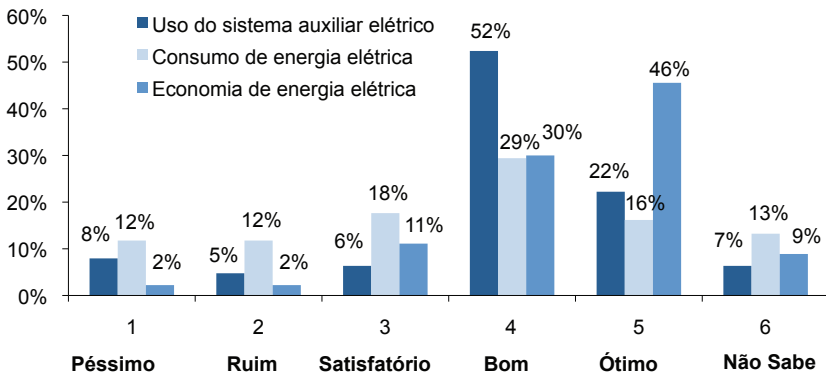
\*\* (EPE, 2008)

## A percepção de economia de energia elétrica

A pesquisa constatou que em 77% das moradias existe o sistema auxiliar de aquecimento, ou elétrico (71%) ou por gás (6%) e é operado manualmente em 43% das residências. Os quadros de comando foram colocados na circulação entre os dormitórios ou dentro dos *closets* das residências, dificultando a visualização e o controle manual, sendo o *boiler* aquecido permanentemente. Em função do alto consumo de energia elétrica, 24% das famílias declararam insatisfação com o SAS. As averiguações mostraram que a maioria esquecia de desligar a resistência elétrica do *boiler*.

A redução no consumo de energia elétrica com o SAS foi percebida por 60% das famílias. Pelo menos 20% não sabiam, e 16% foram categóricos em responder que não obtiveram economia. O cruzamento de dados entre esta percepção e os que instalaram o sistema para obter economia mostrou que 42% constataram de fato estes ganhos. Cerca de 15% de moradores que instalaram o sistema relacionando consciência ambiental e economia, igualmente reconheceram a obtenção de vantagem econômica. A avaliação dos entrevistados sobre a satisfação com a economia proporcionada pelo aquecimento solar mostrou que 87% se posicionaram entre satisfatório, bom e ótimo (gráfico 9.6.4).

Um fato interessante constatado na pesquisa foi o de que pelo menos 26% de residências eram construções novas, projetadas para o uso exclusivo do SAS, não tendo a opção de aquecimento elétrico (ou *boiler* ou chuveiro elétrico). Esse tipo de decisão tomada pelos planejadores da residência desagradou aos moradores que



**Gráfico 9.6.4** • Avaliação da satisfação com o sistema solar térmico

precisavam usar o banheiro dos empregados quando a temperatura desejada para o banho em suas suítes não era atingida.

## Localização e inclinação dos coletores

Os coletores solares estavam instalados, em sua maioria, nos telhados das residências (91%). O número de placas variou de uma até sete unidades. Os maiores percentuais se concentravam em quatro placas (22%), cinco placas (36%) e seis placas (18%), com áreas entre 1,3 m<sup>2</sup> e 1,5 m<sup>2</sup>. Dos 85% de coletores visualizados, apenas 22% estavam com os vidros limpos e 78% sujos (1% não soube responder); 15% estavam com os vidros quebrados ou trincados.

A inclinação dos coletores em Campinas, considerando a melhor eficiência energética para a estação climática do inverno, é dada pela sua latitude de 22° 53' 20" mais 10°. Na pesquisa realizada, as inclinações dos coletores seguiam às dos telhados e variaram entre 0° e 45°, conforme tabela 9.6.3.

Para determinar a inclinação que contemple os maiores ganhos de eficiência energética para a cidade, foi calculada a energia solar média (kWh/m<sup>2</sup>) na situação de inverno (abril a agosto) para as inclinações (médias) dos coletores.

A 5ª coluna da tabela 9.6.3 mostra a variação percentual de energia solar em relação à inclinação de 33° (latitude +10°). Inclinações menores têm um percentual de perda que chega até 18% na inclinação média de cinco graus. As investigações mos-

traram que pelo menos 44% das residências pesquisadas têm uma perda de eficiência energética que vai de 7% a 11%, somente em função da inclinação dada aos coletores. O intervalo de inclinação >30° a 45° teve o maior valor de energia solar média absorvida (150,5 kWh/mês), no entanto, representa apenas 6% das residências pesquisadas.

**Tabela 9.6.3** • Variação percentual de radiação solar absorvida em relação à inclinação dos coletores em Campinas - SP, de abril a agosto de 2008

Inclinação em graus	% moradias	Inclinação média	Energia solar média absorvida (abril a agosto) kWh/m <sup>2</sup>	Variação percentual de energia solar média absorvida em relação à inclinação de 33°
0° a 10°	7%	5°	123,3	82%
>10° a 15°	18%	12,1°	133,3	89%
>15° a 20°	26%	17,5	139,6	93%
>20° a 25°	9%	22,5°	144,2	96%
>25° a 30°	21%	27,5°	147,8	98%
>30° a 45°	6%	33°	150,5	100%
<b>Não respondeu</b>	13%	-	-	-

## Qualidade do sistema solar térmico

A qualidade do SAS foi investigada quanto aos atributos que a tecnologia pode oferecer, a fim de gerar conforto, bem estar, facilidade de operação e segurança de que os usuários teriam água quente. No item “quantidade de água quente para o banho com conforto”, os satisfeitos foram 90% dos entrevistados. No item “operação de mistura de água quente e fria”, apenas 8% dos entrevistados conceituaram como ruim, e 79% se mostraram no mínimo satisfeitos. A conceituação final sobre a “qualidade dos equipamentos” (coletores solares e reservatórios térmicos) mostrou que 86% se manifestaram satisfeitos.

## Formação de consciência ambiental

A investigação realizada sobre a relação que as famílias fazem entre o uso da energia solar, a contribuição para a preservação do meio ambiente e a diminuição de impactos ambientais visou verificar o grau de informação nas diversas opções suge-

ridas. A pesquisa constatou que uma parcela de 78% soube relacionar a redução do efeito estufa e dos impactos climáticos com o uso das energias renováveis e limpas pela sociedade; 82% souberam relacionar a contribuição para a redução na construção de novas usinas termoelétricas e hidrelétricas. Apenas 7% não relacionaram a adoção da energia solar como forma de contribuir na educação da família para a formação de uma consciência ambiental.

## Conclusões

O levantamento realizado nas instalações de coletores e reservatórios térmicos que foram acessados mostrou que 55% dos equipamentos possuíam a identificação de 12 fabricantes, dos quais cinco deles participam do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Os demais estavam sem identificação, evidenciando a informalidade do setor e a falta de infraestrutura para dar visibilidade à marca e ao produto. Esses resultados mostram duas evidências: a de que os segmentos pesquisados ainda têm pouco conhecimento dos programas e ações desenvolvidos pelo setor público no âmbito da eficiência energética e a de que a decisão da compra é influenciada fortemente pelas forças do mercado.

Neste segmento de renda, os proprietários geralmente contratam e têm à disposição técnicos especialistas nas diversas áreas da construção civil (projeto e execução). O que se constatou foi o distanciamento entre os projetistas da habitação e o conhecimento dos condicionantes que a tecnologia solar exige para os ganhos de eficiência energética. Esta falta de entrosamento faz com que os sistemas de aquecimento solar sejam implantados nos locais possíveis, sem que sejam previstas a inspeção e a manutenção. A acessibilidade aos coletores solares, embora seja possível, é dificultada pela falta de equipamentos (escadas) compatíveis com a altura dos telhados.

Embora se conclua que seja possível acessar os reservatórios térmicos e de água fria, com raras exceções as instalações foram projetadas para que haja facilidade de manutenção. Alçapões de pequenas dimensões impedem o acesso de um indivíduo de porte médio, e as escadas existentes nas residências são incompatíveis com a altura da laje onde foram instalados. A falta de interação dos projetistas da residência

com os condicionantes de operacionalidade dos SAS se reflete nestas situações de desconforto para a inspeção e os cuidados que a tecnologia exige.

A existência no mercado nacional de sofisticados controladores digitais de temperatura não tem despertado o interesse de compra. Em apenas algumas residências foram instalados controladores simples (4%) e em locais de difícil acesso. O controle do aquecimento dos *boilers*, que poderia ser monitorado para reduzir o consumo de energia elétrica, ainda não se constitui em uma necessidade para este segmento social. A inexistência de isolamento térmico nas tubulações de cobre (água quente) compromete a eficiência de 43% das instalações acessadas. Similarmente, não existe a identificação e o isolamento (eletroduto) do cabeamento do sistema auxiliar elétrico de aquecimento em 72% das instalações acessadas, o que reforça a informalidade dos instaladores e a falta de fiscalização dos gestores da obra.

Apesar da diminuição dos índices de instalação de coletores solares nas residências de média e alta renda em Campinas, nos anos recentes, existe um excelente mercado potencial em função da grande satisfação revelada pelos seus usuários. A economia de energia elétrica constatada é o grande estimulador. Os ganhos e benefícios alcançados são disseminados pela rede de contatos (de amigo a amigo), fazendo da tecnologia solar uma alternativa para obter economia no consumo de energia elétrica.

## Referências

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha mensal do mercado de energia elétrica**. Ano 1, n.º 11, p. 04, ago. 2008. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20080828\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/20080828_1.pdf)>. Acesso em: outubro de 2008.

SEPLAMA. Secretaria Municipal de Planejamento, Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de São Paulo. **Sumário de Dados Econômicos Campinas**. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/seplama/publicacoes/sumarioecon/portpublsumecon.htm>>. Acesso em: maio de 2007.

VARELA, Fabiana Karla de Oliveira Martins. **Tecnologia solar residencial**: inserção de aquecedores solares de água no distrito de Barão Geraldo-Campinas. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004, 117f.

# 9.7

## Balanco do Diagnóstico Nacional

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Luciana Penha de Carvalho** *Vert*

**Jane Tassinari Fantinelli** *NIPE - Unicamp*

Este texto sintetiza fatores apontados por estudo nacional que procurou identificar pontos fortes e potenciais de melhoria nos sistemas de baixa temperatura para aproveitamento de energia solar, além das barreiras tecnológicas e mercadológicas para sua efetiva disseminação. A pesquisa contemplou uma série de nichos de mercado, envolvendo a participação de sete universidades brasileiras. O alto nível de satisfação do usuário com a economia de energia merece destaque.



O uso da eletricidade é predominante para o aquecimento de água entre os domicílios brasileiros devido à forte presença de chuveiros elétricos como o dispositivo de uso mais comum para esse fim. A consequência imediata deste fato é refletida em um pico de demanda durante o horário de maior utilização, além de representar a maior parcela no consumo de energia elétrica na classe residencial.

Diante desses fatos, atrelado aos trabalhos já desenvolvidos para melhoria da qualidade e eficiência dos coletores e reservatórios, uma vez que os laboratórios especializados já contavam com uma estrutura mais moderna e eficaz, tornava-se relevante verificar como os sistemas de aquecimento solar estavam aplicados em campo, em cada uso final. Dessa forma, seria possível identificar pontos fortes e potenciais de melhoria nos sistemas de baixa temperatura para aproveitamento da energia solar, além de barreiras tecnológicas e mercadológicas para sua efetiva disseminação.

Para realização desse estudo em nível nacional, a Eletrobras Procel estabeleceu parcerias com as seguintes universidades: Instituto Federal da Bahia (IFBA), a Universidade de Brasília (UnB), Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Estadual Paulista (Unesp) e Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). A seleção dessas instituições contemplava os nichos de mercado dos diferentes usos finais da tecnologia solar.

No que se refere às construções existentes, a dificuldade é ainda maior, por incluir serviços mais onerosos para adaptação das tubulações de água quente na alvenaria existente ou a inclusão de registros misturadores, visto que tais edificações eram providas apenas de hidráulica para água fria. O registro misturador foi identificado como um ponto fraco na durabilidade e na operação das instalações de aquecimento solar nas moradias de interesse social.

Problemas de falta de manutenção e de conhecimento da própria tecnologia permearam praticamente todos os locais inspecionados, independentemente da classe social e uso final. Coletores solares sujos, devido à falta de acesso aos sistemas, coletores com vidros quebrados e vazamentos foram as ocorrências mais comuns.

Não foi possível avaliar quantitativamente os benefícios energéticos para os usuários de sistemas de aquecimento solar de água porque os sistemas de monitoramento não foram previstos na maioria das instalações visitadas. Para tal análise, cita-se o estudo anterior realizado em um conjunto habitacional da cidade de Contagem

(MG), com famílias de baixo poder aquisitivo, onde foram instalados 100 aquecedores solares. O projeto foi implantado em novembro de 2000 e, durante os cinco anos seguintes, foi acompanhado o consumo mensal de energia elétrica pelas famílias. A energia economizada foi de cerca de 35%.

Em 2011, retomou-se o projeto, renomeado para “Contagem + 10”, sendo comprovada a perenidade desses benefícios. Porém, cabe destacar que cerca da metade dos sistemas instalados foram vendidos pelos proprietários das residências, após esses 10 anos. A justificativa mais recorrente para a venda dos sistemas, segundo declaração dos moradores, foi de problemas financeiros enfrentados pelas famílias.

Os resultados observados nessa pesquisa de campo nacional demonstram a necessidade de desenvolver programas de capacitação com foco no projeto, instalação, operação e manutenção em equipamentos de aquecimento solar.

Esse material serviu, inclusive, de subsídio para a elaboração de um Plano Nacional, fornecendo uma orientação política ao governo, para a disseminação de sistemas de aquecimento solar de água, em um país em que há condições climáticas favoráveis ao melhor aproveitamento desse tipo de energia.

Portanto, é necessário estimular o crescimento sustentável do mercado de aquecimento solar no Brasil por meio do Selo Procel Eletrobras, do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e dos programas de eficiência energética ou habitacionais nos quais sejam previstas instalações de coletores solares.



**Eliziane Gonçalves Arreguy** *Centro Universitário UNA*

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Emerson Salvador** *Eletrobras Procel*

Este capítulo é composto por uma série de três importantes iniciativas, que retratam as principais ações e estratégias para difundir o uso do aquecimento solar de água no país: o Plano Estratégico Solar, do Ministério do Meio Ambiente; a Rede Eletrobras Procel Solar; e o Programa Minha Casa Minha Vida, do governo federal, em que um dos objetivos é adotar a tecnologia em parte das novas edificações para o segmento de baixa renda.

Atualmente, constata-se que o aquecimento solar de água atingiu no país um novo patamar em termos de políticas públicas com o reconhecimento dos benefícios sociais e ambientais por parte da sociedade como um todo, inclusive contribuindo ao cumprimento das metas do Plano Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf).

Em 21 de julho de 2009, o ministro de estado do Meio Ambiente, por meio da Portaria 238, instituiu o Grupo de Trabalho (GT Solar Térmico) com objetivo de apoiar a disseminação de sistemas de aquecimento solar de água (SAS) no país, bem como elaborar e acompanhar atividades específicas que visam à instalação destes sistemas no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Com duração de 15 meses nessa primeira fase, teve sua atuação prorrogada (Portaria 535 de 29/12/2010<sup>1</sup>) por mais quatro anos.

O GT Solar Térmico é composto pelos representantes do Ministério do Meio Ambiente (MMA), coordenado pela Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério das Cidades; e demais agentes do setor, como, por exemplo, a Eletrobras, por meio do Procel; o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro); e a Caixa Econômica Federal (CAIXA). A Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e a Co-operação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH são membros convidados.

Esse grupo foi responsável pela elaboração do Plano Estratégico - Disseminação de Aquecimento Solar de Água no Brasil, que definiu como meta para o país uma área acumulada de 15 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares para aquecimento de água até 2015. Como primeira ação, o GT de Energia Solar Térmica priorizou o apoio técnico e logístico ao uso do aquecimento solar no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida, que será explicado adiante.

Destacou-se também a responsabilidade da Eletrobras Procel nesse Plano, ficando responsável por estruturar a Rede Eletrobras Procel Solar, com o objetivo de treinar, formar e capacitar mão de obra especializada para o mercado de aquecimento solar de água. Para que a rede se concretize, será necessário o apoio e atuação das universidades, dos centros de pesquisas e dos institutos de educação em todas as regiões do país.

Mais detalhes sobre essas e outras ações contempladas no Plano Estratégico serão abordadas nos textos subsequentes.

---

<sup>1</sup> Diário Oficial da União. Nº 250. Seção 1. Pag. 222. Publicado em 30 de dezembro de 2010

# 10.1

## Plano Nacional: estratégia para disseminar a tecnologia no Brasil

**Ana Lucia Lima Barros Dolabella** *Ministério do Meio Ambiente*

**Eduardo Delgado Assad** *Ministério do Meio Ambiente*

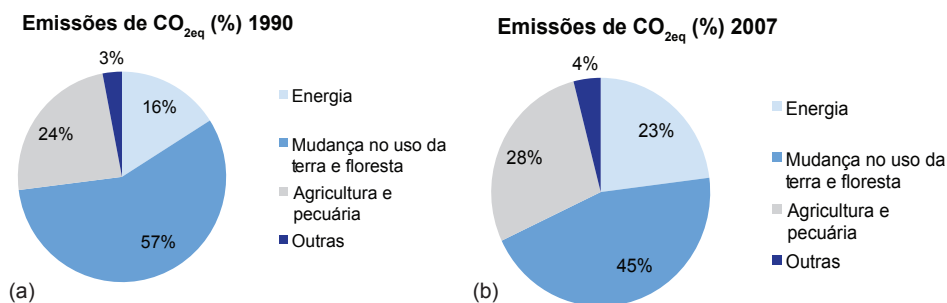
O Plano Estratégico Solar é resultado do Grupo Técnico de Energia Solar Térmica, composto por diferentes instituições públicas e privadas, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente (MMA). O Plano consiste na organização de linhas de atuação consideradas prioritárias para se alcançar a meta de 15 milhões de m<sup>2</sup> de sistemas de aquecimento solar instalados no país até 2015, que somente será atingida com o compromisso de todos os envolvidos.

## Introdução

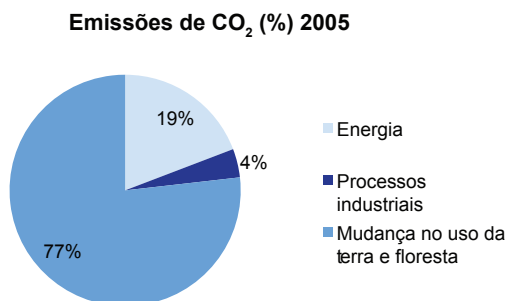
Os avanços nas pesquisas e investigações científicas têm confirmado as previsões sobre as mudanças globais do clima, e seu enfrentamento exige disposição política e aprofundamento técnico-científico. Os principais fatores que contribuem para o aquecimento global são o uso de energias geradas por fontes fósseis (industrial, agroindustrial, transportes e habitação) e a mudança no uso da terra (desmatamento e agropecuária).

No caso brasileiro, as maiores emissões são provenientes da mudança no uso da terra e floresta, mas as contribuições do setor de energia subiram de 16% para 23%, de 1990 para 2007, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2009). Esses valores percentuais incorporam os principais gases de efeito estufa em  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  (gráfico 10.1.1 - a,b)

Outra fonte de dados que mostra a contribuição do setor de energia para as emissões brasileiras é a Comunicação Nacional do Brasil, elaborada periodicamente sob a coordenação do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), e que trata os gases de efeito estufa separadamente. Conforme a Segunda Comunicação Nacional (MCTI, 2010), o setor de energia contribuiu, em 2005, com 19% das emissões de dióxido de carbono -  $\text{CO}_2$  (gráfico 10.1.2).



**Gráfico 10.1.1 - a,b** • Emissões brasileiras de gases de efeito estufa (a) 1990 (b) 2007. (MMA, 2009)



**Gráfico 10.1.2** • Emissões brasileiras de gases de efeito estufa. (MCTI, 2010)

A matriz de energia do Brasil é considerada uma das mais limpas do mundo, com a participação de fontes renováveis em 47,3%. Já a matriz de energia elétrica é extremamente limpa, composta em 90,6% por fontes renováveis, como mostra a tabela 10.1.1 (EPE, 2010). Um dos maiores desafios para o país é sustentar essa condição, considerando a trajetória de crescimento populacional e da economia nacional, que resulta em crescente demanda por energia. Esta tende a pressionar a matriz no sentido de aumentar a participação de fontes fósseis. Um dos motivos é o incipiente mercado de algumas fontes de energia renovável, sendo necessários esforços para consolidar esses mercados pelo estímulo ao aumento de sua participação e um esforço incremental na direção da eficiência energética e da conservação de energia.

**Tabela 10.1.1 • Composição das matrizes de energia e de energia elétrica (%)**

Fonte	OI <sup>1</sup> Energia	OI Energia Elétrica
<b>Energia Renovável</b>	<b>47,3</b>	<b>90,6</b>
Energia Hidráulica	15,2	85,0
Biomassa	10,1 <sup>2</sup>	5,4 <sup>3</sup>
Produtos da Cana-de-açúcar	18,2	-
Eólica	-	0,2
Outras Renováveis	3,8	-
<b>Energia Não Renovável</b>	<b>52,7</b>	<b>9,3</b>
Petróleo e Derivados	37,9	2,9
Gás Natural	8,7	2,6
Carvão Mineral e Derivados	4,7	1,3
Urânio	1,4	2,5

(Balanço Energético Nacional - BEN 2010)

<sup>1</sup> Oferta interna de energia. É a quantidade de energia que se disponibiliza para ser transformada ou para consumo final, incluindo perdas posteriores na distribuição

<sup>2</sup> Lenha e carvão vegetal

<sup>3</sup> Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações

O Brasil estabeleceu compromissos voluntários de redução de suas emissões de gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9% nas projeções para 2020, com a Lei da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) - (Brasil, 2010 - a). O setor de energia deve contribuir entre 6,1% e 7,7% (de 166 a 207 MtCO<sub>2eq</sub>), com ações de eficiência energética, expansão do uso de biocombustíveis, da oferta de energia hidráulica e fomento às fontes alternativas de energia (MMA, 2009).

Um dos instrumentos da Política, o Plano Nacional sobre Mudança do Clima (Brasil, 2008 - a) apresenta objetivos importantes voltados à redução das emissões brasileiras. Um deles é “buscar manter elevada a participação de energia renovável na matriz elétrica, preservando a posição de destaque que o Brasil sempre ocupou



no cenário internacional”. No Sumário Executivo do Plano Nacional sobre Mudança do Clima, elaborado pelo Grupo Executivo sobre Mudança do Clima, sob a coordenação do MMA, uma das metas é o incremento dos sistemas de aquecimento solar (SAS), de modo a proporcionar redução do consumo de energia de 2.200 GWh/ano em 2015 e redução de cerca de 1.200 MW no horário da ponta (Brasil, 2008 - b).

O potencial nacional de energia solar é de cerca de 2.200 horas de insolação/ano. Segundo dados da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava, 2011), disponibilizados para o Plano Estratégico de Disseminação de Sistemas de Aquecimento Solar no Brasil, o país possuía, em 2010, 6,24 milhões de m<sup>2</sup> instalados, representando uma penetração de apenas 0,033 m<sup>2</sup>/habitante.

## Objetivos do Plano Estratégico

O Plano Estratégico aqui apresentado tem como objetivo central organizar a atuação das diferentes entidades, visando ao aumento da participação da fonte solar térmica de energia no país. Os benefícios esperados são: apontar a trajetória de fomento aos SAS no Brasil, contribuindo para o processo de tomada de decisão quanto à expansão dessa fonte; aprimorar o desempenho do Grupo Técnico (GT) de Energia Solar Térmica; definir indicadores e instrumentos de acompanhamento da efetividade das ações propostas para aumento do uso de SAS; e fortalecer o apoio político-institucional.

Os objetivos específicos foram agrupados em cinco estratégias configuradas em linhas de atuação: Política Pública, Capacitação, Inovação e Desenvolvimento Tecnológico, Gerenciamento da Informação e Marketing, e Criação da Plataforma Brasileira em Energia Solar Térmica.

## Parcerias para elaboração e execução do Plano

O fomento aos SAS exige articulação interinstitucional. Para tanto, o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Portaria MMA nº 238, de 21 de julho de 2009, publicada no Diário Oficial da União de 22 de julho de 2009, e em articulação com instituições parceiras, instituiu Grupo de Trabalho (GT) com objetivo de apoiar a disseminação de sistemas de aquecimento solar de água (Brasil, 2009).

A Portaria n.º 535, de 29 de dezembro de 2010, alterou a redação do art. 8º da Portaria n.º 238, e o GT ganhou as atribuições de elaborar e encaminhar plano de trabalho para aprovação das instituições que compõem o GT e acompanhar, por um período de quatro anos, a implantação das ações nele previstas (Brasil, 2010 - b).

As instituições parceiras são: Ministério de Minas e Energia (MME), Eletrobras Procel, Ministério das Cidades, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Caixa Econômica Federal (CAIXA), e a academia. Como membros convidados participam a Abrava, a Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH e a Organização Internacional do Trabalho (OIT). Outras instituições têm contribuído, como o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Projeto Cidades Solares e a Renewable Energy Efficiency Partnership (REEEP). Um dos resultados do GT de Energia Solar Térmica foi o referido Plano, num contexto de importância da coordenação de objetivos de agentes setoriais públicos e privados em prol do combate às mudanças climáticas e ao desperdício de energia elétrica, fundamental para o fomento ao SAS.

A estratégia para sua execução está baseada na articulação interinstitucional e na busca de compromissos relacionados às linhas de atuação que compõem o Plano. Além das instituições formalmente participantes do GT de Energia Solar Térmica, outras deverão ser envolvidas, de modo a congregarem esforços das diferentes frentes de trabalho essenciais para o alcance da meta principal estabelecida.

## Meta do Plano Estratégico Solar

A meta é, até 2015, atingir uma área total instalada de 15 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares para aquecimento de água no Brasil, o que corresponde a uma capacidade instalada de aproximadamente 10.500 MW<sub>th</sub> em 2015.

## Principais projetos estratégicos

Foram definidos projetos estratégicos agrupados por linhas de atuação, que compõem os objetivos específicos do Plano. Essas linhas buscam eliminar barreiras existentes para o aumento da participação de SAS no país e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa do setor elétrico.

## **Linha de atuação - Políticas Públicas**

### **a) Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)**

Este projeto tem o objetivo de apoiar a segunda etapa do Programa Minha Casa Minha Vida quanto à inserção do SAS nas habitações voltadas à população de baixa renda, compulsórios para as unidades unifamiliares. Tem-se a expectativa de que 260 mil unidades sejam contempladas. Mecanismos de suporte técnico, avaliação, monitoramento e verificação deverão ser implantados, de modo a garantir a adequada implantação dos sistemas. Assim, estão sendo realizados programas de capacitação para engenheiros da CAIXA, em função de seu papel na análise, orientação e aprovação dos projetos habitacionais. Também estão sendo realizados encontros de sensibilização com prefeituras, comunidades e o setor da construção civil sobre as vantagens do uso da tecnologia nas habitações.

### **b) Instrumentos legais de fomento (Cidades Solares)**

As prefeituras têm papel fundamental na ampliação do uso de SAS no Brasil. Assim, este projeto pretende atuar junto aos órgãos municipais, para acompanhar a implementação das leis, desenvolver campanhas de disseminação de experiências bem sucedidas, e atuar para incluir esses sistemas em obras públicas.

### **c) Novas linhas de fomento e financiamento**

Os SAS apresentam custos de aquisição e instalação mais elevados se comparados a outros sistemas de aquecimento de água, como os chuveiros elétricos. Isso leva à necessidade de criação de subsídios para que a população de baixa renda tenha acesso a essa tecnologia, procedimento que tem potencial de levar a uma economia de R\$ 16,00 mensais médios, conforme a tarifa de energia e da alíquota de Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) praticados. Além disso, linhas de financiamento voltadas à população de maior renda são políticas públicas importantes para incremento da participação dos SAS. Este projeto pretende estudar novas linhas de financiamento para o mercado de habitação, comércio, pequenas e médias empresas (PME), em níveis estadual e nacional, incluindo mecanismos de mercado voltados à redução das emissões de gases de efeito estufa.

## **Linha de atuação - Capacitação**

### **a) Sensibilização dos tomadores de decisão**

Os aspectos regulatórios da tecnologia são importantes para garantir a qualidade dos produtos e das instalações de SAS. Isso deve ocorrer com base nas normas existentes e na especificação de termos de referência para sua aplicação e uso. Os tomadores de decisão têm papel importante para que a disseminação dos SAS ocorra de forma sustentável, promovendo o fortalecimento da cadeia produtiva. Este projeto deve atuar na sensibilização de tomadores de decisão, agentes financeiros, arquitetos e projetistas, gestores e técnicos do setor de construção civil.

### **b) Empregos verdes**

A mão de obra é um ponto chave para a disseminação de SAS, considerando a meta de praticamente dobrar a área atualmente instalada até 2015. Isso aumentará a demanda por profissionais qualificados para a instalação e a manutenção desses sistemas. Com isso, o Plano prevê desenvolver um programa de capacitação para formação de mão de obra especializada, utilizando instituições educacionais parceiras.

### **c) Treinamento de usuários finais**

Os usuários finais dos SAS necessitam conhecer a forma de sua operação e manutenção. A falta desse conhecimento pode comprometer o desempenho dos sistemas, levando a prejuízos, em especial para a população de baixa renda. Dessa forma, o Plano inclui o desenvolvimento de um programa de sensibilização e treinamento para usuários finais. Deverá ser produzido material didático para a sensibilização e informação sobre a tecnologia e seus requisitos de manutenção e operação.

### **d) Formação em SAS**

Há carência de recursos humanos com formação superior na tecnologia solar térmica. Isso pode explicar a baixa disseminação dos SAS e os problemas de projeto e de dimensionamento. Uma forma de sensibilizar os profissionais das áreas de engenharia e arquitetura é por meio da inclusão do tema nos cursos formais, além da promoção de debates em eventos acadêmicos. Pretende-se contextualizar o uso da fonte solar

de energia no mundo e no país, apresentar as potencialidades, em especial quanto aos benefícios do ponto de vista ambiental, econômico e de eficiência energética, e ainda articular a criação de programas educacionais específicos e incentivar a criação de linhas de pesquisa, envolvendo desenvolvimento e uso de novas ferramentas de projeto e dimensionamento, além de requisitos de instalação e de manutenção de SAS.

### **e) Material didático para programas de capacitação e treinamento**

Para a obtenção de ganhos reais com a capacitação em SAS, o GT de Energia Solar Térmica identificou a necessidade de definição dos conteúdos programáticos dos cursos de formação, de modo coordenado. Isso implica o desenvolvimento de material didático, incluindo normas e legislação vigentes, boas práticas de projetos e de instalação de SAS, levando-se em conta as especificidades regionais.

## **Linha de atuação - Inovação Tecnológica**

### **a) Ciclo de vida de SAS**

Para se conhecer os reais benefícios proporcionados pelo uso dos SAS, deve-se proceder à análise do ciclo de vida dessa tecnologia. Isso implica conhecer seu processo de fabricação (água demandada e matéria-prima), sua distribuição, uso final, operação, manutenção e descarte final. Com isso, é possível analisar os impactos energéticos, econômicos, sociais, ambientais e as interrelações existentes. Pretende-se ainda criar uma base de dados sobre os principais materiais utilizados nos componentes do SAS, custos, desempenho e processos de fabricação.

### **b) Criação de polos industriais**

O uso de processos de fabricação mais modernos e automatizados é incipiente no país, e a busca por maior eficiência a menores custos de produção é uma necessidade do setor. Nesse contexto, é necessário identificar as indústrias com potencial para fornecer equipamentos, materiais componentes e serviços para a cadeia produtiva de coletores e de concentradores solares, de modo a oferecer elementos para a proposição de uma política industrial voltada a essa cadeia. Este projeto pretende atuar no aumento da sustentabilidade e competitividade da indústria nacional,

a partir da oferta de oportunidades para a criação de polos industriais destinados à produção de materiais e equipamentos.

### **c) Novos materiais, tecnologias e processos para produção de SAS**

O objetivo deste projeto é promover a concepção e a fabricação de novos coletores solares, com ampla faixa de operação, para diferentes aplicações com custos compatíveis. Isso porque foi identificada a necessidade de desenvolvimento de novos materiais como isolantes térmicos, vidros e revestimentos antirreflexo, materiais resistentes a altas temperaturas etc.

### **d) SAS no uso industrial e comercial**

Os SAS têm potencial para uso em processos industriais, sistemas de condicionamento e refrigeração solares, dessalinização etc. Para explorar esse potencial, o Plano propõe a realização de um estudo detalhado de processos industriais de baixa e média temperatura. O objetivo é fomentar o uso da tecnologia solar no fornecimento de energia térmica para aquecimento ou para resfriamento. Assim, objetiva-se desenvolver uma base de dados de processos e setores industriais e de projetos de uso da energia solar nesses setores, promover ações para uso da tecnologia solar nas estruturas da Copa do Mundo 2014, e desenvolver parceria com o setor industrial para uso da tecnologia solar de média temperatura.

## **Linha de atuação - Gerenciamento de Informação e Marketing**

### **a) Campanha de informação e marketing**

Este projeto tem por objetivo criar um Plano Nacional de Marketing sobre o uso da energia solar térmica, considerando as peculiaridades de cada região brasileira, e criar o Dia Solar no país. A intenção é adotar uma linguagem adequada para atingir a sociedade como um todo.

### **b) Portal de Gestão do Conhecimento e Tecnologia**

Deverá ser implantado para o gerenciamento de informações por meio de ferramentas de comunicação e trabalho cooperativo, que permitam projetar, operacionalizar e realimentar o Portal.

## Linha de atuação - Plataforma Solar

Como estratégia para garantir a continuidade das ações voltadas à disseminação dos SAS no país, o GT de Energia Solar Térmica propôs a criação de uma Plataforma Solar, no âmbito de sua atuação, assumindo as ações estruturantes e consultivas para operação dessa plataforma (ou rede), com acompanhamento do Plano Estratégico e de seus resultados, e propondo ações corretivas, quando necessário.

### Referências

BRASIL, Governo Federal. **Decreto n.º 7.390 de 9 de dezembro de 2010**. Presidência da República, Casa Civil, 2010 - a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm)>. Acesso em: 2011.

\_\_\_\_\_. Governo Federal. **Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília: Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008 - a.

Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_climaticas/\\_arquivos/plano\\_nacional\\_mudanca\\_clima.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/plano_nacional_mudanca_clima.pdf)>. Acesso em: 2011

\_\_\_\_\_. Governo Federal. **Portaria n.º 238 de 21 de julho de 2009**. Diário Oficial da União, seção 1, n.º 138, de 22 de julho de 2009. Ministério do Meio Ambiente, 2009.

\_\_\_\_\_. Governo Federal. **Portaria n.º 535 de 29 de dezembro de 2010**. Diário Oficial da União, seção 1, n.º 250, de 30 de dezembro de 2010. Ministério do Meio Ambiente, 2010 - b.

\_\_\_\_\_. Governo Federal. **Sumário Executivo: Plano Nacional sobre Mudança do Clima**. Brasília: Comitê Interministerial sobre Mudança do Clima, 2008 - b. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq\\_climaticas/\\_arquivos/sumrio\\_executivo\\_pnmc.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/smcq_climaticas/_arquivos/sumrio_executivo_pnmc.pdf)>. Acesso em: 2011.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balço energético nacional 2010**: ano base 2009. Rio de Janeiro, Brasil, 2010. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal2010.aspx>>. Acesso em: 2011.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segunda Comunicação Nacional do Brasil à Convenção - Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. vol. 1. Brasília, Brasil, 2010. Disponível em: <[http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0213/213909.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0213/213909.pdf)>. Acesso em: 10 de janeiro de 2012.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Brazil's contribution to climate change mitigation**. Brasília, Brasil, 2009.

# 10.2

## Rede Eletrobras Procel Solar: foco em pesquisa e capacitação

**Emerson Salvador** *Eletrobras Procel*

**Karla Kwiatkowski Lepetitgaland** *Eletrobras Procel*

**Elizabeth Marques Duarte Pereira** *Centro Universitário UNA*

**Eliziane Gonçalves Arreguy** *Centro Universitário UNA*

Trata-se da estruturação da Rede Eletrobras Procel Solar, lançada em 1º de julho de 2011, com o objetivo de treinar, formar e capacitar mão de obra especializada para o mercado de aquecimento solar de água. O texto destaca as ações e estratégias previstas para a Rede, que conta com apoio e atuação de universidades, centros de pesquisas e institutos de educação nas cinco regiões do país, todas em consonância com os objetivos do Plano Estratégico Solar, do Ministério do Meio Ambiente (MMA).



## Introdução

Desde os anos de 1990, a Eletrobras Procel vem atuando em ações para o melhor aproveitamento da energia solar térmica no Brasil. A partir de 1999, suas ações foram intensificadas, consolidando de forma continuada seu apoio e fomento às pesquisas em áreas consideradas estratégicas para o desenvolvimento do aquecimento solar no Brasil, como medida efetiva de eficiência energética. O lançamento do Selo Procel Eletrobras de Economia de Energia para coletores solares e reservatórios térmicos pode ser citado como o principal fruto dessas iniciativas.

Entre os projetos financiados, destacam-se: o Projeto Eletrobras Solar de 2000, que promoveu, entre outras ações, a instalação pioneira de coletores solares em habitações de interesse social em Contagem (MG); a implantação do primeiro Simulador Solar da América Latina em 2004, em parceria com o Banco Mundial; e o projeto de Avaliação de Instalações de Sistemas de Aquecimento Solar, iniciado em 2006 e finalizado em 2009, que desenhou um minucioso cenário das instalações de aquecimento solar no Brasil (Salvador, 2008).

Buscando a *expertise* de pesquisadores e profissionais nessa área, através de uma oficina estratégica de planejamento realizada em 2010, uma série de ações foram propostas para a atuação da Eletrobras Procel, de forma a constituir a Rede Eletrobras Procel Solar, contando com o apoio e atuação de universidades, centros de pesquisas e institutos de educação nas cinco regiões brasileiras.

Dessa forma, a Rede Eletrobras Procel Solar tem como principais atividades:

- garantir a continuidade dos projetos desenvolvidos nos temas considerados relevantes ao aquecimento solar de água e respectiva potencialização dos resultados já obtidos;
- fixar uma equipe permanente de professores, pesquisadores e estudantes, constituída ao longo do projeto de avaliação de sistemas de aquecimento solar (SAS) nas instituições que se mostraram motivadas a manter atividades na área da energia solar térmica;
- promover a infraestrutura educacional e laboratorial para a formação de profissionais nas diferentes áreas de atuação envolvidas, imprescindíveis aos cursos de capacitação e treinamento de profissionais para a área;
- incentivar a criação de mecanismos formais de divulgação, informação e disseminação de sistemas para os diferentes setores envolvidos no aquecimento solar e para a sociedade através do Portal Procel Info ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br));

- desenvolver as práticas de monitoramento e avaliação do desempenho do SAS, a exemplo do que foi realizado no projeto em Contagem (MG), expandindo para as residências atendidas pelo Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) (Pereira, 2011).

## Projetos estratégicos

A coordenação central da Rede cabe à Eletrobras e ao Instituto UNA de Responsabilidade Social e Cultural em parceria com o Centro Universitário UNA, de Belo Horizonte (MG), contando ainda com o apoio de seis outros centros educacionais das cinco regiões brasileiras, buscando, dessa forma, capilaridade de suas ações. Os projetos prioritários no âmbito da Rede Eletrobras Procel Solar são descritos a seguir. O projeto completo será finalizado em 2015.

### Criação de Centros de Formação e Divulgação em Energia Solar Térmica

Entre as primeiras conclusões geradas no projeto de avaliação de instalações de aquecimento solar, destacam-se como barreiras para a utilização efetiva e em escala compatível com o potencial brasileiro de uso de aquecedores solares de água:

- a falta de informação e divulgação da tecnologia solar térmica e de suas aplicações para a sociedade em geral, e
- a quase inexistência de programas de treinamento continuado e de qualidade em instituições de ensino em geral, assim como material didático adequado a cada uso final.

De acordo com o escopo e o nível de capacitação técnica requerida, serão organizados cursos de curta, média e longa duração. O público-alvo é bastante amplo, abrangendo jovens em idade escolar, universitários, empreendedores potenciais (fabricantes, engenheiros, arquitetos, projetistas, técnicos municipais, instaladores, revendedores, entre outros), inclusive para promover a criação de novas empresas/negócios, consolidando uma gestão empresarial competente e estratégica.

Esses centros serão equipados com bancadas didáticas, conforme mostrado na figura 10.2.1 - a,b,c, destinadas à instalação de sistemas de aquecimento solar, nas

quais o aluno terá oportunidade de consolidar os conhecimentos teóricos adquiridos, além de executar o passo a passo da montagem dos aquecedores solares.



**Figura 10.2.1 - a,b,c** • Croqui da proposta das bancadas didáticas dos centros de capacitação (Pereira, 2006)

As instituições participantes do projeto são: Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, em São Paulo, Fundação de Apoio à Escola Técnica (Faetec), no Rio de Janeiro, Instituto Federal da Bahia (IFBA), Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Universidade de Brasília (UnB) e a Universidade Federal do Pará (UFPA), conforme o mapa da figura 10.2.2. A meta principal desse projeto é capacitar 2.000 alunos até o final de 2015.

O Centro de Divulgação será responsável pela coleta, produção, sistematização, catalogação, divulgação e difusão de informações sobre energia solar térmica, promovendo, inclusive, sua integração ao portal do Procel Info e demais redes nacionais e internacionais. O material de divulgação em diferentes mídias deve contemplar consumidores finais, construtores, incorporadores, projetistas, instaladores, técnicos de órgãos públicos, manuais de boas práticas, programas de dimensionamento e informações setoriais. Todo o acervo gerado pelo projeto, publicações da Eletrobras



**Figura 10.2.2 • Localização e abrangência dos centros de capacitação**

Procel e de grupos de pesquisa em áreas correlatas, livros e revistas e normas nacionais e internacionais no tema serão disponibilizados ao público.

### **Avaliação do desempenho dos sistemas de aquecimento solar**

No projeto de avaliação do SAS, identificaram-se sérios problemas associados à qualidade e à durabilidade dos coletores solares dentro do período de sua vida útil. Esses resultados afetam sobremaneira qualquer prognóstico sobre a persistência da economia real promovida pelos aquecedores solares.

Assim, o escopo desse trabalho trata da avaliação em laboratório e de campo do desempenho dos componentes da instalação solar em operação nas localidades inspecionadas no projeto, bem como do desenvolvimento de metodologia de cálculo da economia gerada ao longo da vida útil de instalação e dos custos associados. Se-

rão avaliadas diferenças entre desempenho e degradação dos coletores solares com e sem Selo Procel Eletrobras.

Para determinação da evolução temporal do desempenho de coletores solares e seu impacto sobre a energia produzida nas instalações de aquecimento solar, os principais fatores avaliados serão:

- limpeza dos vidros dos coletores e sua manutenção periódica, incluindo os componentes das instalações;
- qualidade da água e respectiva taxa de incrustação nos tubos de distribuição;
- estado geral dos coletores: corrosão, oxidação, infiltração, trinca e quebra de vidros;
- estado geral dos reservatórios e das tubulações do circuito primário: isolamentos, proteção às intempéries, bombas, vazamentos, entre outros.

Para o desenvolvimento deste projeto foi prevista a aquisição de bancadas de ensaios de coletores solares, compra e troca de coletores solares em 60 localidades e análises metalográficas.

## **Medição e verificação em SAS de conjuntos habitacionais de interesse social**

Estudos e projetos realizados pela Eletrobras Procel e seus parceiros demonstraram a viabilidade do uso do aquecimento solar por famílias de baixa renda. Esses estudos motivaram a inclusão desses sistemas em programas de governo, dentre eles o Programa Minha Casa Minha Vida, e a criação de legislações de incentivo ou obrigatoriedade do uso de aquecedores solares em cerca de 100 cidades brasileiras.

Assim, torna-se imprescindível o monitoramento a longo prazo dos resultados obtidos pelo uso dessa tecnologia, a fim de demonstrar os ganhos efetivos de economia de energia e deslocamento e achatamento da ponta de demanda de energia elétrica, consolidando de forma inequívoca a opção do aquecimento solar para aquecimento de água.

O uso do aquecimento solar em residências de baixa renda mostrou-se economicamente viável, conforme o trabalho realizado no Conjunto Sapucaias, na cidade de Contagem. A Eletrobras Procel financiou a instalação de 100 sistemas de aquecimento, cujos resultados foram monitorados por um período de 10 anos. Obteve-se uma economia média de 35% no consumo de energia elétrica das residências, com

base apenas nas contas mensais de energia elétrica. Tais resultados têm aplicação restrita, pois o acompanhamento foi feito apenas nos cinco primeiros anos de operação, não possibilitando quantificar o deslocamento de demanda no horário de pico, hábitos reais do banho da família, como temperatura, vazão e tempo de duração, além do impacto da degradação dos componentes do aquecedor solar.

Após essa iniciativa, nenhum outro trabalho foi realizado sistematicamente a fim de dar continuidade e obter mais informações sobre a utilização de aquecedores solares. Portanto, o escopo desse projeto trata da aplicação do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Desempenho (International Performance Measurement & Verification Protocol – IPMVP), patrocinado pela Efficiency Valuation Organization (EVO), organização sem fins lucrativos que conta com a participação de profissionais de medição e verificação (Measurement & Verification – M&V) de todo o mundo, inclusive do Brasil.

Os objetivos da monitoração de instalações podem ser assim sumarizados na avaliação dos seguintes itens:

- economia de energia elétrica (em kWh) no aquecimento de água para banho e sua persistência ao longo do tempo;
- impacto na demanda (em kW) no horário de ponta;
- economia de energia prevista em projeto;
- validação e aprimoramento dos modelos computacionais de simulações de desempenho e economia de energia.

## Conclusões

A Rede Eletrobras Procel Solar foi lançada no dia 1º de julho de 2011, e as atividades do projeto foram prontamente iniciadas, já contando com mais de 40 professores, tutores e estudantes envolvidos. Entretanto, é importante destacar que o processo de criação e implementação da Rede é dinâmico, e outras instituições podem se associar a qualquer momento, contribuindo para a disseminação dos programas de capacitação e para o desenvolvimento e o fomento de novos temas de pesquisa, bem como para o fortalecimento do mercado e seus agentes. As ações previstas pela Rede Eletrobras Procel Solar estão em consonância com

os objetivos do Plano Estratégico Solar, do Ministério de Meio Ambiente, abordado nesta publicação.

## Referências

PEREIRA, Elizabeth Marques Duarte et al. **Brazilian experience in solar water heating for low income houses**: “My House, My Life” Program. In: Proceeding... AISES – Solar World Congress (2011, Kassel, Alemanha).

\_\_\_\_\_. **Curso de capacitação em aquecimento solar**: Projeto SolBrasil: manual do professor. Belo Horizonte: GREEN/PUC Minas, 2006.

SALVADOR, Emerson, et al. **Brazilian solar water heating systems**. In.: Proceeding... International Congress on Heating, Cooling, and Buildings, Eurosun 2008, (1., 2008, Lisbon, Portugal).

# 10.3

## Programa Minha Casa Minha Vida: alternativa energética de interesse social

**Mara Luísa Alvim Motta** *Caixa Econômica Federal*

**Luciana Penha de Carvalho** *Vert*

O texto trata das ações realizadas e dos próximos passos do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), criado pelo governo federal e executado pela CAIXA, para reduzir o déficit habitacional, e que, hoje, tem dado maior importância ao uso de sistemas de aquecimento solar de água em parte dessas novas edificações. Aborda ainda os estudos realizados, as parcerias e agentes envolvidos, as ações de capacitação técnica e de orientação à população, os desafios encontrados e a forma como essas barreiras foram ou podem ser transpostas.



## Introdução

Segundo estudos realizados pela Fundação João Pinheiro (MCidades, 2008), o *déficit* habitacional básico brasileiro é de 5,546 milhões de domicílios, dos quais 83,5%, ou seja, 4,629 milhões se concentram na zona urbana. O mesmo estudo destaca a concentração do *déficit* habitacional na faixa de até três salários mínimos: 89,6%.

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi criado pelo governo federal em 2009 para enfrentar o grande desafio de reduzir o *déficit* habitacional e promover a geração de empregos no país. A meta estabelecida foi a de produzir um milhão de habitações destinadas às famílias com renda de até 10 salários mínimos, sendo 40%, ou seja, 400 mil unidades habitacionais, para as famílias de mais baixa renda, até três salários mínimos.

O programa consiste no financiamento da produção de empreendimentos e a aquisição de unidades habitacionais (UH), com prioridade para as capitais estaduais, Campinas, Baixada Santista (São Paulo), Distrito Federal (Brasília) e regiões metropolitanas, além de municípios com população igual ou superior a 50 mil habitantes. Em 2009 e 2010, foram contratadas pelo Programa Minha Casa Minha Vida 1.005.028 UH, sendo 936.508 junto à Caixa Econômica Federal (CAIXA). Destaca-se que 57% das UH contratadas (574.874) foram destinadas às famílias de mais baixa renda.

O governo federal decidiu também incentivar a inserção do aquecedor solar em até 40.000 novas habitações no ano de 2010. O objetivo principal foi agregar valor aos empreendimentos habitacionais e promover melhoria na qualidade de vida dessas famílias pela redução significativa com os gastos mensais de energia elétrica.

## Histórico

Cabe ressaltar que até 2009 havia um pequeno número de unidades com sistema de aquecimento solar (SAS) em empreendimentos financiados pela CAIXA (2.885 unidades habitacionais em todo o país) que foi instalado em alguns conjuntos habitacionais como experiências piloto, com o objetivo de avaliar os custos e benefícios da tecnologia. Os resultados positivos dessas experiências, aliados aos compromissos assumidos pelo governo federal na promoção do desenvolvimento sustentável e em contribuir para as metas do Plano Nacional de Mudança do Clima (PNMC), e, ainda,

o lançamento do Programa Minha Casa Minha Vida foram os motivadores para se criar uma estratégia de disseminação do uso do SAS voltado para a habitação de interesse social.

Uma das maiores dificuldades para a implantação da iniciativa foi o investimento inicial no sistema, que ainda é relativamente alto, o que impacta significativamente no custo final da unidade habitacional para as famílias de mais baixa renda. Sendo assim, para viabilizar a aquisição das unidades por essas famílias, o governo federal optou por oferecer incentivos para a construção de empreendimentos habitacionais com SAS.

Outra dificuldade é a resistência das construtoras em incluir o SAS no projeto das edificações pelo desconhecimento da tecnologia, ainda pouco disseminada, e pelo receio de problemas na instalação e manutenção do sistema. De um modo geral, observa-se a falta de conhecimento técnico formal para projetistas e instaladores de SAS no Brasil. Além disso, há carência de sistematização de boas práticas das empresas fabricantes e fornecedores dessa tecnologia que incluam recomendações sobre projeto e dimensionamento, cuidados com a instalação e manutenção dos equipamentos.

### **Vantagens do sistema de aquecimento solar**

Devem ser destacadas as vantagens do uso da energia solar térmica nas residências de baixa renda. O chuveiro elétrico é a principal fonte de aquecimento de água utilizada no país e responde por 24% do consumo de energia elétrica na classe residencial. Pesquisas realizadas pela Eletrobras Procel em parceria com a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) demonstram que, quando se utiliza o SAS, há uma redução de cerca de 35% na conta de energia elétrica da família, ou seja, cerca de R\$ 16,00 por mês em média (a depender da tarifa de energia elétrica praticada em cada localidade), o que representa 17% do valor médio do benefício pago pelo Programa Bolsa Família.

No Brasil, ainda é pouco explorado o grande potencial de uso da energia solar para aquecimento de água, que é uma energia limpa, abundante, renovável e gratuita. A matriz do setor energético brasileiro, se comparada à dos demais países, é considerada limpa por ter como uma das fontes principais a hidroeletricidade, e um dos maiores desafios é sustentar essa condição, considerando a crescente demanda de energia elétrica, resultado do crescimento econômico dos últimos anos.

Como alternativa para expansão da oferta de energia elétrica livre de emissões de CO<sub>2</sub> está o estímulo à utilização de SAS, considerando o enorme potencial para aproveitamento da energia solar: praticamente todas as suas regiões recebem mais de 2.200 horas de insolação por ano.

## **Construindo as bases para uma política pública**

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) constituiu em 2009 um Grupo Técnico denominado GT de Energia Solar Térmica, para discussão dos diversos aspectos relacionados à disseminação do SAS, do qual participam as seguintes instituições: Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério das Cidades, Eletrobras, CAIXA, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava) e Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

O GT possui as atribuições de apoiar a disseminação de sistemas de aquecimento solar de água, acompanhar atividades específicas que visam à instalação desses sistemas no Programa Minha Casa Minha Vida e elaborar um Plano Estratégico de disseminação de SAS.


Um dos resultados do trabalho foi a publicação da Portaria nº 93, do Ministério das Cidades, de 24 de fevereiro de 2010 (MCidades, 2010), que dispõe sobre aquisição e alienação de imóveis do Programa Minha Casa Minha Vida, com recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) (MCidades, 2011-a), destinados às famílias de renda até R\$ 1.395,00. A referida portaria definiu as diretrizes para inclusão do SAS nas habitações financiadas pelo programa, priorizando os projetos localizados nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, pelo elevado fator de penetração do chuveiro elétrico, superior a 1,08 chuveiro por residência (Eletrobras Procel, 2007) e maior demanda de energia elétrica para aquecimento de água.

Os custos de aquisição e instalação de SAS são acrescidos ao valor máximo de compra das unidades habitacionais, limitado a R\$ 2.500,00 por UH, em empreendimentos multifamiliares verticais, e a R\$ 1.800,00 por UH, em empreendimentos horizontais. Esses valores não são repassados aos beneficiários, mas sim incluídos no custo da UH e pagos às construtoras.

O GT elaborou um Termo de Referência (TR), ou seja, um documento orientativo para as construtoras, que definiu as especificações do SAS, a partir de várias simulações para as diferen-

tes condições climáticas das três regiões priorizadas pelo Programa e para os produtos certificados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem do Inmetro. Optou-se por um equipamento capaz de atender à demanda de água quente para banho de uma família de até cinco pessoas.

A figura 10.3.1 apresenta os principais componentes do SAS definidos no TR.

Principais Componentes	Exemplo do SAS
<p><b>Coletores solares</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Classificação Inmetro: A ou B</li><li>2. Produção mensal de energia, calculado para o dia médio no Brasil, superior a 150 kWh/mês</li></ol> <p><b>Reservatórios térmicos</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Etiquetado pelo Inmetro</li><li>2. Capacidade nominal: 200 litros</li></ol>	

**Figura 10.3.1** • Componentes do SAS

Como ações de apoio à disseminação do SAS, visando à implantação no Programa Minha Casa Minha Vida, foram definidas as especificações técnicas divulgadas no site da CAIXA ([www.caixa.gov.br](http://www.caixa.gov.br)). Também foram realizadas oficinas de disseminação da tecnologia nas cidades de Uberlândia (MG), Campo Grande (MS) e Rio de Janeiro (RJ).

A CAIXA também incluiu o SAS como um item financiável nos programas/linhas de financiamento habitacional, por ser uma inovação para a racionalização do consumo de energia, com impactos socioambientais positivos para as famílias beneficiadas e para toda a sociedade.

Na primeira etapa do Programa Minha Casa Minha Vida foi definida a meta de 40 mil unidades com SAS até o final de 2010, o que corresponde a 10% das UH destinadas às famílias com renda até R\$ 1.395,00. Para a distribuição da meta por unidade da federação, foi considerado que em algumas regiões, como o Triângulo Mineiro (MG), e o estado do Paraná, já havia uma demanda para inclusão do SAS nas unidades habitacionais. Descontando-se a demanda existente, o restante da meta foi distribuído proporcionalmente ao *déficit* habitacional de cada unidade.

## Capacitação

Uma das principais ações desenvolvidas pelo GT foi a realização de dois cursos de capacitação para arquitetos e engenheiros da CAIXA, de várias localidades do país, com o objetivo de demonstrar os benefícios da tecnologia solar térmica. O primeiro curso, realizado em Belo Horizonte (MG), para 35 profissionais, discutiu os conceitos teóricos sobre os diversos componentes de uma instalação solar térmica que opera em termossifão, abordando ainda noções de dimensionamento, eficiência térmica e fração solar. O curso incluiu visitas técnicas a um conjunto com 378 unidades habitacionais com sistemas de aquecimento solar e a um sistema de aquecimento solar central com circulação forçada em um prédio de luxo.

O segundo curso foi realizado em São Paulo, nos mesmos moldes do anterior, para mais 30 profissionais da CAIXA. Em ambos os cursos, contou-se com apoio da Eletrobras Procel, GIZ, Abrava e das respectivas companhias de habitação dos estados de Minas Gerais e São Paulo.

Em Minas Gerais, devido à grande motivação para inserção do aquecimento solar nas obras do Programa Minha Casa Minha Vida, foram organizados *workshops* com técnicos da CAIXA, construtoras locais, empresas fabricantes de equipamentos solares e do sindicato da construção civil (Sinduscon), além de um curso prático para instaladores solares. Buscava-se, dessa forma, o fortalecimento da cadeia de valor do segmento com a garantia da qualidade dos produtos e das instalações e a integração das construtoras (clientes) ao processo. Uma situação diferente ocorreu no Rio de Janeiro e no Mato Grosso do Sul, onde as reuniões de trabalho foram preparadas com objetivo de vencer as resistências locais ao uso do aquecimento solar.

Considera-se essa etapa fundamental para o sucesso do programa, pois o conhecimento da tecnologia solar térmica contribui para reduzir eventuais oposições à implementação do programa.

## Orientações para os moradores

Para informar os moradores sobre o uso do SAS, suas vantagens e orientações de manutenção, foi elaborado pela Eletrobras Procel, GIZ e CAIXA um adesivo denominado: “Dicas importantes para aproveitar melhor o seu sistema de aquecimento solar” e distribuídas cartilhas sobre aquecimento solar elaboradas pelo Inmetro (figura 10.3.2 - a,b).



Figura 10.3.2 - a,b • (a) Adesivo e (b) cartilha de orientação aos moradores

## Resultados

Na primeira etapa do Programa Minha Casa Minha Vida foram contratadas 41.449 unidades habitacionais com SAS (2009-2010), conforme gráfico 10.3.1.

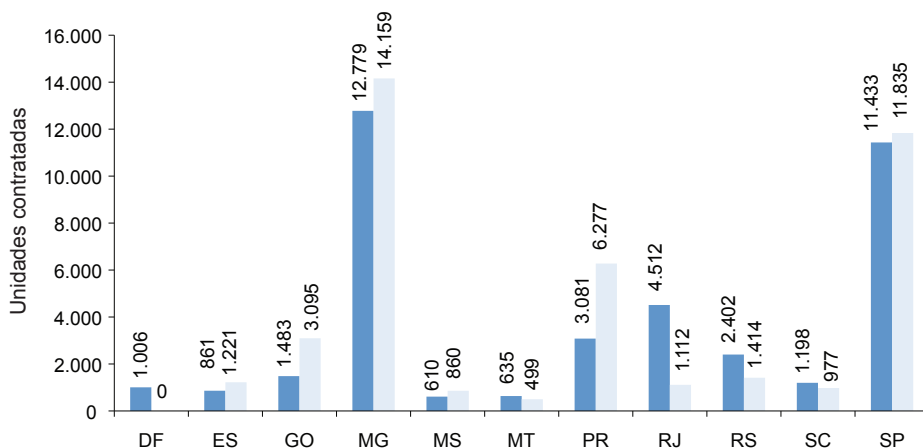


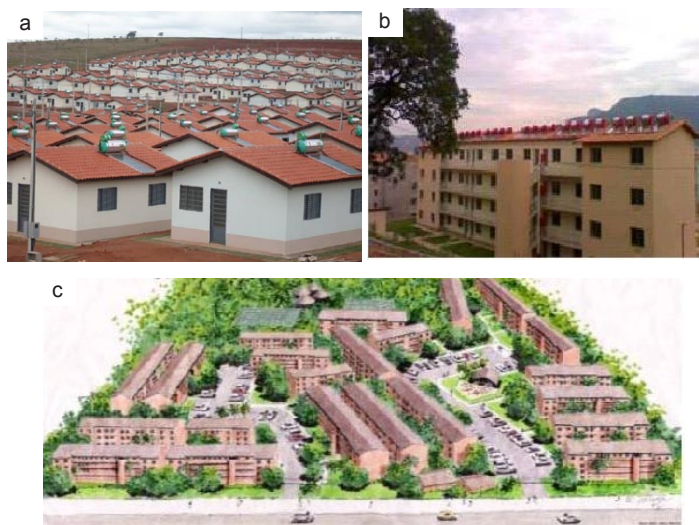
Gráfico 10.3.1 • Unidades contratadas com sistema de aquecimento solar por estado

## Política pública: energia solar na habitação de interesse social

Essa iniciativa foi ampliada, tornando-se uma política pública que beneficiará diretamente as famílias de baixa renda com impactos socioambientais positivos para toda a sociedade.

Na segunda etapa do Programa Minha Casa Minha Vida, a Portaria nº 325, do Ministério das Cidades, de 7 de julho de 2011 (MCidades, 2011-b), instituiu que os projetos de empreendimentos compostos por unidades habitacionais unifamiliares deverão contemplar obrigatoriamente os sistemas de aquecimento solar, incluídos no custo da UH. O valor do SAS está limitado a R\$ 2.000,00/UH.

De 2011 a 2014, espera-se contratar 385.000 unidades habitacionais térreas (casas) com SAS destinadas às famílias com renda mensal de até R\$ 1.600,00. Alguns exemplos de empreendimentos podem ser vistos na figura 10.3.3 - a,b,c.



**Figura 10.3.3 - a,b,c** • Inserção do aquecimento solar em diferentes tipologias do PMCMV. (a) Residências unifamiliares em São Paulo; (b) e (c) Edifícios multifamiliares no Rio de Janeiro

### Principais desafios para o sucesso da iniciativa

Ainda existem dificuldades a serem superadas para ampliação da iniciativa, tais como: resistência das construtoras em incluir o SAS no projeto das edificações pelo desconhecimento da tecnologia, falta de conhecimento técnico formal para projetistas e instaladores de SAS no Brasil, garantia de qualidade e eficiência na prestação de

serviços de fornecimento e instalação de SAS por meio do desenvolvimento dos programas: Programa Setorial de Qualidade e Programa de Qualidade das Instalações.

## Conclusões

Muitas lições foram aprendidas, gerando-se, assim, recomendações para a próxima etapa do Programa entre 2011 e 2014, a saber:

- criação de centros de capacitação em todas as regiões do Brasil para formar profissionais nas diversas áreas de conhecimento e níveis de atuação, sendo a maior carência no nível técnico (instaladores solares);
- implementação de programas de acompanhamento de resultados – Medição e Verificação (M&V) –, com base em protocolos nacionais e internacionais, com o objetivo de quantificar a economia real obtida com o aquecedor solar, deslocar do horário de pico de demanda de energia elétrica, bem como fazer o levantamento de hábitos de consumo;
- desenvolvimento de programas de sensibilização dos moradores e de capacitação de parte dessa população em instalação e manutenção dos aquecedores solares.

Atualmente, a Eletrobras Procel está financiando a implantação de sete novos centros de capacitação nas cinco regiões do país e um programa de M&V em quatro conjuntos habitacionais nas regiões Sul, Sudeste (edificações unifamiliares e multifamiliares) e Centro-Oeste.

A inserção do aquecimento solar no Programa Minha Casa Minha Vida pode ser entendida como uma política pública que reforça o conceito de que essa tecnologia é viável em habitações e em outros setores como hotéis, pousadas, academias, hospitais e indústria.



## Referências

ELETOBRAS 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. Rio de Janeiro: Eletrobras Procel, 2007.

MCIDADES. Ministério das Cidades. **Déficit Habitacional Brasileiro.** Brasília, Brasil: Secretaria Nacional de Habitação, Fundação João Pinheiro, 2008. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/DHB\\_2008\\_Final\\_2011.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/DHB_2008_Final_2011.pdf)>. Acesso em 7 de março de 2012>. Acesso em: 2012.

\_\_\_\_\_. **Portaria n.º 93 de 24 de fevereiro de 2010.** Brasília, Brasil, 2010. Disponível em: <[http://www.cidades.gov.br/images/stories/Legislaçao/Portarias\\_2010/Portaria\\_93\\_2010.pdf](http://www.cidades.gov.br/images/stories/Legislaçao/Portarias_2010/Portaria_93_2010.pdf)>. Acesso em: 6 de março de 2012.

\_\_\_\_\_. **Portaria n.º 325 de 7 de julho de 2011.** Brasília, Brasil, 2011 - b. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/assessorias/juridica/lei/portarias/portaria-325-min-cidades-pmcmv>>. Acesso em: 10 de março 2012.

\_\_\_\_\_. **Portaria n.º 465 de 3 de outubro de 2011.** Brasília, Brasil, 2011 - a. Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/habita/mcmv/Portaria\\_465\\_2011\\_FAR.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/habita/mcmv/Portaria_465_2011_FAR.pdf)>. Acesso em: 6 de março de 2012.

# Conclusões e Perspectivas

Os choques do petróleo ocorridos a partir dos anos 70 resultaram na mudança do patamar de preços do combustível e evidenciaram a dependência existente dos países industrializados frente aos países produtores, estes que promoveram ao longo das últimas décadas variações significativas nas cotações internacionais do insumo.

Buscando minimizar esses efeitos, iniciativas para promover a eficiência energética e usar fontes alternativas ou renováveis de energia foram realizadas, visando reduzir a utilização das chamadas fontes fósseis de energia para alavancar o desenvolvimento dos países. No Brasil, o primeiro movimento foi o lançamento, em 1981, do Programa Conserve, que visava à melhoria da eficiência energética em indústrias por meio da busca de processos energeticamente mais eficientes.

Em 1985, o governo brasileiro decidiu institucionalizar uma política de conservação de energia elétrica, que acabou por se refletir na criação, naquele ano, do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), executado pela Eletrobras, sob a coordenação do Ministério de Minas e Energia (MME).

Mais recentemente, em 2001, o Brasil passou por uma restrição no abastecimento de energia elétrica, momento em que algumas regiões no país foram obrigadas a cumprir metas de redução no consumo, culminando em uma mudança comportamental da sociedade brasileira. Diversos equipamentos elétricos ineficientes foram abandonados, lâmpadas incandescentes passaram a ser substituídas pelas fluorescentes compactas e houve um incentivo à instalação de sistemas de aquecimento solar de água (SAS). O crescimento nas vendas de coletores solares naquele ano foi cinco vezes superior ao do ano anterior e continua crescente até os dias de hoje.

A utilização dos sistemas de aquecimento solar de água é encarada como estratégica devido aos benefícios que essa tecnologia proporciona, tanto para o usuário, quanto para o setor elétrico brasileiro.

Do ponto de vista do setor, a utilização dessa tecnologia possibilita que menos energia elétrica seja dispendida para o aquecimento de água, colaborando com a postergação de investimentos na construção de novas usinas de geração. Além disso, possibilita a redução da demanda de energia elétrica no horário de ponta, diminuindo a necessidade de novas linhas de transmissão e ampliação dos sistemas de distribuição de energia elétrica. Em paralelo, há também o ganho ambiental, pois, ao postergar a construção de novas usinas, abre espaço para que tecnologias alternativas, mais amigáveis ao meio ambiente, sejam desenvolvidas e implementadas, como é o caso de usinas eólicas e solares fotovoltaicas, ambas com custo de instalação decrescentes nos últimos anos. Os níveis de desmatamento e os impactos visuais, causados pelas redes aéreas de transmissão, também são amenizados.

Do ponto de vista do consumidor, o benefício predominante é a economia financeira proporcionada pelo menor consumo de energia elétrica. Além disso, o melhor aproveitamento da energia solar colabora com a redução de emissão de gases do efeito estufa, por exemplo.

O início das atividades das primeiras empresas brasileiras de aquecedores solares de água ocorreu nos anos 1970. Os primeiros programas de qualificação para esses produtos foram lançados um pouco mais tarde, no final dos anos 1990, com a instituição, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), para coletores solares e reservatórios térmicos, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

Desde então, diversas iniciativas foram tomadas visando ao desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, como, por exemplo, a inserção dessas categorias no portfólio do Selo Procel Eletrobras, bem como a capacitação de laboratórios para apoio aos programas de qualificação, que reduziram significativamente os tempos de ensaio e, conseqüentemente, os custos envolvidos.

Para subsidiar essas ações e orientar a atuação da Eletrobras Procel e seus parceiros, nesses últimos anos foram realizadas algumas pesquisas e estudos, de forma a verificar se os sistemas de aquecimento solar estavam atendendo as expectativas dos usuários e para levantar a real situação das instalações de aquecimento solar no Brasil. São exemplos de estudos o trabalho em Contagem

(MG), e a Avaliação de Instalações de Sistemas de Aquecimento Solar, detalhados no livro.

Em 2011, foi elaborado o Plano Estratégico Solar do governo brasileiro, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio de vários agentes do setor, que indica ações necessárias para incrementar a participação da fonte de energia solar térmica no país, organizando a atuação dos vários atores envolvidos em cinco vertentes: Política Pública, Capacitação, Inovação Tecnológica, Gerenciamento da Informação e Marketing e Criação da Plataforma Brasileira em Energia Solar Térmica.

Algumas das ações designadas já vêm sendo desenvolvidas há algum tempo e exigem da Eletrobras Procel seu papel articulador, para fomentar o mercado e fazer com que os agentes contidos nele interajam, que as demandas existentes sejam sanadas e, conseqüentemente, novas surjam, criando um ciclo sustentável e aumentando o impacto de suas ações.

## Perspectivas

O mundo passa por mudanças significativas no modo de ver o futuro. É consenso entre a maioria dos países que é preciso caminharmos para um desenvolvimento sustentável, capaz de suprir as necessidades atuais, sem comprometer a capacidade de atender as futuras gerações. Neste ano de 2012, ocorrerá no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20, que visa renovar o engajamento dos líderes mundiais, 20 anos após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92).

As metas que serão traçadas durante a Conferência certamente passarão por ações de eficiência energética e incremento das fontes de energias renováveis. Nesse campo, o Brasil já está fazendo a sua parte, incentivando o desenvolvimento sustentável por meio de programas e ações voltadas às questões energéticas e de aproveitamento e uso da terra.

As perspectivas quanto ao aquecimento solar de água já foram definidas e constam no Plano Estratégico Solar, que pretende alcançar a meta de 15 milhões de m<sup>2</sup> de coletores solares instalados no país até 2015.

Além disso, o país já dispõe de um Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), publicado em outubro de 2011 pelo Ministério de Minas e Energia. O principal objetivo desse Plano é alcançar a meta estabelecida pelo Plano Nacional de Energia 2030, no qual está prevista a conservação de 10% do consumo de energia elétrica em 2030 a partir de medidas indutoras e autônomas de eficiência energética.

Para atingir esse objetivo, espera-se fortalecer os principais programas que dão suporte ao PNEf, quais sejam: o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), a Eletrobras Procel e o Programa Nacional de Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (Conpet), além de outras ações inovadoras. Entende-se que o Plano permitirá a inserção da eficiência energética no planejamento do setor energético de forma explícita e sustentável, orientando as ações dos diversos entes públicos e privados no combate ao desperdício de energia e na construção de uma economia energeticamente eficiente. O aquecimento solar foi visto com destaque no PNEf, merecendo um capítulo exclusivo do Plano, atestando, também no âmbito do governo federal, sua importância.

Entre as ações que couberam à Eletrobras Procel nos planos do governo brasileiro, algumas já foram iniciadas. Em 2011, foi lançada a Rede Eletrobras Procel Solar, uma parceria entre a Eletrobras, o Centro Universitário UNA, o Centro Paula Souza (SP), a Fundação de Apoio à Escola Técnica (Faetec/RJ), os institutos federais da Bahia (IFBA) e de Santa Catarina (IFSC), Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Universidade de Brasília (UnB). A meta da Rede é capacitar e treinar dois mil instaladores de equipamentos de aquecimento solar até 2015, além de implantar um centro de divulgação e outros sete de capacitação nas cinco regiões do país, que terão a responsabilidade de prestar serviços e dar suporte ao setor.

Também será executado pela Rede o acompanhamento das instalações de aquecimento solar do Programa Minha Casa Minha Vida – obrigatórias para unidades unifamiliares em sua segunda etapa – colaborando com a efetividade dos sistemas de aquecimento, gerando subsídios técnicos para gestão do Programa pela Caixa Econômica Federal (CAIXA), além de produzir informações para o setor e benefícios econômicos para milhares de famílias.

A disseminação das informações levantadas nas várias linhas de ação propostas é uma das prioridades da Rede Eletrobras Procel Solar. O centro de divulgação previsto pretende ser referência brasileira em aquecimento solar de água e atuará junto com o Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info).

Por fim, espera-se que novos agentes se incorporem à Rede Eletrobras Procel Solar e, juntos, alcancem os objetivos traçados para o incremento do uso do aquecimento solar de água no país, contribuindo com o desenvolvimento sustentável do planeta.

# Minicurrículos dos Autores



## **Alexandre Salomão de Andrade**

É engenheiro mecânico e mestre em Engenharia Mecânica com ênfase em Sistemas de Energia pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Atuou até 2009 como especialista em energia solar e engenheiro do Centro Brasileiro para Desenvolvimento da Energia Solar Térmica/Grupo de Estudos em Energia (Green) da PUC Minas. Tem experiência na área de energia, sobretudo em energias renováveis, desenvolvimento e certificação de produtos, projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e eficiência energética. Atualmente é gerente de Projetos de P&D pela empresa Vale S.A, no Departamento do Instituto Tecnológico Vale. [alexandresalomao@ig.com.br](mailto:alexandresalomao@ig.com.br)



## **Ana Lucia Lima Barros Dolabella**

É engenheira florestal formada pela Universidade de Brasília (UnB), com mestrado em Ciências Sociais, na área de concentração Projetos de Desenvolvimento, pela UnB. Estudou, em 2007 e 2008, na Universidade de Cornell (EUA), Gerenciamento de Recursos Naturais e Sociologia do Desenvolvimento. De 1988 a 1989, foi consultora técnica do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) para atuar no Programa Nacional do Meio Ambiente/Componente Unidades de Conservação (PNMA), na antiga Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA). De 1990 a 1997, foi coordenadora do Projeto Pantanal do Programa Nacional do Meio Ambiente no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) – até 1993 – e no Ministério do Meio Ambiente (MMA) - de 1994 a 1997. De 1998 a 2000, foi consultora técnica do Programa Nacional do Meio Ambiente Fase II/Componente Gestão Integrada de Ativos Ambientais. De 2001 a 2007, foi superintendente adjunta de Fiscalização dos Usos dos Recursos Hídricos e superintendente adjunta de Outorga e Fiscalização da Agência Nacional de Águas (ANA). Atualmente é diretora de Licenciamento e Avaliação Ambiental do MMA. [ana.dolabella@mma.gov.br](mailto:ana.dolabella@mma.gov.br)



## **Andreas Nieters**

É arquiteto formado em Planejamento Urbano e Ambiental pela Universidade Paderborn, Alemanha. Atuou durante cinco anos como coordenador de projetos de urbanismo e planejamento ambiental na Alemanha. Desde 2000 na Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, é atualmente vice-diretor do Programa Energia Brasil-Alemanha e coordenador do componente eficiência energética. [andreas.nieters@giz.de](mailto:andreas.nieters@giz.de)



### **Ary Vaz Pinto Junior**

É engenheiro eletricitista formado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em 1978, com mestrado em Engenharia Elétrica, obtido em 1982, também pela PUC-Rio. Em 1999, realizou curso de pós-graduação *lato sensu* de especialização em Sistemas de Telecomunicações. Tem curso de MBA em Gerência de Energia na Fundação Getúlio Vargas (FGV-RJ). De 1979 a 1981, trabalhou na PUC-Rio como auxiliar de ensino e pesquisa; de 1981 a 1989, trabalhou na Cobra Computadores e Sistemas Brasileiros S. A.; e de 1989 até o presente momento, trabalha no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), na função de chefe do Departamento de Tecnologias Especiais, no qual são tratados os seguintes temas: eficiência energética, energias renováveis, geração distribuída e metalurgia e materiais. *ary@cepel.br*



### **Delcio Rodrigues**

É físico, ambientalista e especialista em energia. Pesquisador associado ao Instituto Vitae Civilis e diretor executivo do Instituto Ekos Brasil, nos quais atua na promoção de políticas públicas e na capacitação do mercado de energia solar. Foi assessor da Secretaria Executiva do Ministério do Meio Ambiente (MMA), *global team leader* do Greenpeace Internacional, diretor de campanhas do Greenpeace Brasil e analista de energia da Technoplan, da Jaakko Poyry e da Companhia Energética de São Paulo (Cesp), entre outras atividades. *delcio.rodrigues@ekosbrasil.org*



### **Douglas Messina**

É técnico em eletrotécnica formado pela Escola Técnica Federal de São Paulo, em 1985. De 1984 a 1990, foi técnico na General Electric do Brasil na área de Equipamentos Pesados. Desde 1991 atua no Laboratório de Instalações Prediais do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), responsável pelas áreas de sistemas de aquecimento de água (solar, elétrico e gás). Desde 1995, atua como membro efetivo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nas comissões de estudos de normas de sistemas de aquecimentos de água, instalações elétricas de baixa tensão, componentes elétricos prediais e segurança elétrica em eletrodomésticos. Integra o Comitê Panamericano de Normalização Técnica (Copant) na coordenação dos grupos de normalização de eficiência energética de equipamentos de aquecimento solar e elétrico de água. É o atual coordenador da Rede Brasileira de Laboratórios de Instalações Prediais e Iluminação Pública do Sistema Brasileiro de Tecnologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (Sibratec/MCT). *douglas dmessina@ipt.br*





### **Eduardo Delgado Assad**

Formado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, tem mestrado e doutorado em Montpellier, França, em 1987, no laboratório de Hidrologie e Mathematique da Universidade de Montpellier II. Nessa oportunidade, trabalhou nos laboratórios do INRA de Avignon e do CIRAD em Montpellier. É pesquisador da Embrapa desde 1987, atuando inicialmente no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), onde criou o Laboratório de Biofísica Ambiental. Foi coordenador da área de Recursos Naturais do CPAC e secretário executivo do Programa de Recursos Naturais da Embrapa, além de chefe de Pesquisa e Desenvolvimento da Embrapa Cerrados. No período de 2005 a 2009, foi chefe da Embrapa Informática Agropecuária. Foi o coordenador técnico nacional do Zoneamento Agrícola de Riscos Climáticos do Ministério da Agricultura durante 10 anos. Coordenou vários projetos em rede nacional sobre zoneamentos de riscos climáticos e mudanças climáticas na agricultura. É membro do comitê científico do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Atualmente é secretário de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Também é professor do curso de pós-graduação em Agroenergia da Fundação Getúlio Vargas. *assad@cnptia.embrapa.br*



### **Elizabeth Marques Duarte Pereira**

Possui graduação em Física, mestrado em Engenharia Mecânica e doutorado em Química pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Atualmente é professora adjunta do Centro Universitário UNA em Belo Horizonte (MG), coordenando os projetos de pesquisa em energia (Cemig - UNA) e da Rede Eletrobras Procel Solar. Trabalha no desenvolvimento de estudos e análises prospectivas das aplicações da energia solar, notadamente no setor produtivo. É membro do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) do Ministério de Minas e Energia (MME) e do Grupo de Trabalho (GT) de Energia Solar Térmica, coordenado pelo Ministério de Meio Ambiente (MMA). *bethduarte00@gmail.com*



### **Eliziane Gonçalves Arreguy**

É graduada em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), em 2002, e mestre em Engenharia Mecânica pela mesma instituição, em 2008. Tem experiência na área de Engenharia Eletrônica e de Telecomunicação e Engenharia Mecânica, com ênfase em aproveitamento da energia, atuando principalmente nos seguintes temas: energia solar térmica e fotovoltaica, ensaios, avaliação de resultados, eficiência energética e qualidade. *eliziane@gmail.com*



### **Emerson Salvador**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), em 2000, com MBA em Gestão de Projetos pela FGV-RJ, em 2005, e pós-graduação em Uso Racional da Energia pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2010. Atualmente é mestrando em Engenharia de Energia pela Unifei, desenvolvendo estudos relacionados à eficiência energética de equipamentos. De 2001 a 2002, como funcionário da Light Serviços de Eletricidade, atuou na Électricité de France (EDF) em planejamento e execução de projetos de expansão da rede elétrica no sudoeste da França. Desde 2003 é funcionário da Eletrobras e gerencia a Divisão de Eficiência Energética na Oferta, atuando principalmente em estudos em energia solar térmica para o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) e é membro da International Solar Energy Society (ISES). [salvador@eletrobras.com](mailto:salvador@eletrobras.com)



### **George Camargo dos Santos**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, B.Sc.), em 2002, especialista em eficiência energética pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei) e mestre em Ciências pelo Programa de Engenharia Elétrica da Coppe/UFRJ (M.Sc.), em 2006, na área de Sistema de Potência. Atualmente, é mestrando em Ciências no Programa de Engenharia de Energia da Unifei e sua pesquisa se concentra na área de educação e eficiência energética. Já trabalhou na Light Serviços de Eletricidade e no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel). Em 2003, atuou no Departamento de Assuntos Internacionais na Eletrobras e, desde 2006, contribui com ações de eficiência energética no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). Foi o responsável pelo acompanhamento técnico do convênio celebrado entre a Eletrobras e a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) sobre a avaliação das instalações solares no Brasil. [george.camargo@eletrobras.com](mailto:george.camargo@eletrobras.com)



### **Jan Knaack**

Nascido em 1975 em Bona, na Alemanha, é formado em Ciências Políticas pela Universidade de Constança e pela Universidade de Granada. Especializado em Desenvolvimento Institucional e de Recursos Humanos, e com passagens pela Organização Internacional para Migração e pelo Serviço Alemão de Cooperação Técnica e Social (DED), trabalha desde 2006 como gerente de Projetos para a Associação Alemã da Indústria Solar (BSW). Neste cargo, contribuiu para a criação da Plataforma Europeia de Tecnologia Solar Térmica, assim como para o órgão equivalente na Alemanha. As plataformas, constituídas por cerca de 200 peritos europeus, têm trabalhado com sucesso na concepção de estratégias de longo prazo para a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico para o uso da energia solar térmica. Atualmente, trabalha na elaboração de um roteiro tecnológico para a ampliação da aplicação industrial da energia solar térmica na Alemanha. [knaack@bsw-solar.de](mailto:knaack@bsw-solar.de)



### **Jane Tassinari Fantinelli**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos, em 1982, bacharelado em Ciências Naturais pela Fundação de Integração e Desenvolvimento do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, em 1976, mestrado e doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em 2006. É docente no curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade São Francisco - Itatiba (SP), na pós-graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas), em Poços de Caldas (MG), e pesquisadora colaboradora do Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético da Unicamp. Desde 2000 desenvolve pesquisas sobre a inserção e disseminação das tecnologias de aquecimento solar de água no Brasil. Atualmente participa do Grupo de Energia Solar do Centro Universitário UNA em Belo Horizonte (MG). [janetassinarif@gmail.com](mailto:janetassinarif@gmail.com)



### **João Ernesto Rios**

É engenheiro eletricitista, membro do Laboratório de Ar Condicionado e Refrigeração da Universidade de Brasília (UnB) e perito em instalações elétricas, fornecimento de energia elétrica, dispositivos elétricos e eletrônicos da 1ª Vara Cível de Sobradinho e da 5ª Vara da Fazenda Pública. Tem mestrado em Engenharia Mecânica pela UnB e pós-graduação em Redes de Computadores pela Faculdade Católica de Brasília. Trabalhou em empresas brasileiras – como Politec, Câmara dos Deputados, CTIS, Zetha Comunicação de Dados, Delta Informática – e estrangeiras – como Sawe e Surgical Design. [joaoerios@unb.br](mailto:joaoerios@unb.br)



### **João Tavares Pinho**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), mestre em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e doutor em Engenharia Elétrica pela Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, na Alemanha. Professor titular da UFPA; coordenador do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (Gedae); coordenador do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energias Renováveis e Eficiência Energética da Amazônia (INCT-EREEA); bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora, nível 1D, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); consultor *ad hoc* de diversos conselhos e instituições de fomento no Brasil; membro de várias sociedades científicas nacionais e internacionais; membro do Comitê da Área de Energia do Programa Ibero-americano de Ciência y Tecnología para el Desarrollo (CYTED); membro do corpo de revisores do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC); membro do corpo de revisores da European-Latin American Network for Science and Technology (EU-LANEST); ex-presidente da Sociedade Brasileira de Micro-ondas e Optoeletônica, da Associação Brasileira de Energia Solar e da International Solar Energy Society - Seção Brasil. [joao\\_jtpinho@ufpa.br](mailto:joao_jtpinho@ufpa.br)



### **José Carlos de Souza Guedes**

É formado em Engenharia Elétrica, em dezembro de 1988, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e possui especialização *lato sensu* em Eficiência Energética (curso de Especialização em Uso Racional de Energia – CEURE, ministrado pelos professores da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em Minas Gerais, no ano de 2009. Atualmente é funcionário da PUC-Rio, atuando na área de eficiência energética. [jguedes@cepel.br](mailto:jguedes@cepel.br)



### **José Tomaz Vieira Pereira**

É professor titular aposentado da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), professor colaborador e pesquisador colaborador, após a aposentadoria, e consultor na área de energia e meio ambiente. Tem pós-doutorado pela Universidade da Flórida em Engenharia e Ciências Ambientais. Tem graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Mecânica pela Unicamp. Já publicou 47 trabalhos em âmbito nacional e 20 trabalhos em âmbito internacional. Exerceu funções como pró-reitor de graduação e diretor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Foi presidente e diretor executivo da Fundação de Desenvolvimento da Unicamp (Funcamp) e ocupou a presidência do Fórum Nacional de Pró-Reitores de Graduação (ForGRAD). [jtomazvp@gmail.com](mailto:jtomazvp@gmail.com)



### **Karla Kwiatkowski Lepetitgaland**

É gerente da Divisão de Fomento à Eficiência Energética do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) da Eletrobras e lidera a equipe responsável pelo Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética (Procel Info), que inclui um portal ([www.procelinfo.com.br](http://www.procelinfo.com.br)). Além de coordenar atividades relacionadas ao planejamento estratégico do Procel, trabalha no desenvolvimento de estratégias de marketing para o Programa. Com pós-graduação em Uso Racional da Energia pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2010, e mestrado em Engenharia de Produção pela Coppe/UFRJ, em 2007, atualmente faz mestrado no Programa de Engenharia de Energia da Universidade Federal de Itajubá (Unifei). [karla@eletrobras.com](mailto:karla@eletrobras.com)



### **Leonardo Nunes Alves da Silva**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 2007, com pós-graduação em Uso Racional de Energia, pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2010, onde apresentou monografia com tema relacionado à eficiência energética em aquecimento solar de água. Atualmente é mestrando em Engenharia de Energia pela Unifei, já em fase de dissertação na área de sistemas de aquecimento solar de água. Iniciou sua carreira em 2007 como engenheiro *trainee* do Metrô Rio. Em 2008, se transferiu para a Light Serviços de Eletricidade, onde trabalhou na área de projeto e construção de linhas de transmissão e subestações de energia. Desde 2009, trabalha na Eletrobras, especificamente no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). Entre outras atribuições, atualmente coordena um projeto que visa fortalecer e disseminar o uso de sistemas para aquecimento solar de água em todo o Brasil. [leonardo.n.silva@eletrobras.com](mailto:leonardo.n.silva@eletrobras.com)



### **Luciana Penha de Carvalho**

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo, em 2006, pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas). Atualmente trabalha na Vert Arquitetura e Consultoria. Trabalhou no laboratório Green Solar da PUC Minas de 2006 a 2009. Tem experiência em energia solar térmica e eficiência energética de edificações, atuando nos seguintes temas: instalações de aquecimento solar, análise de sombreamento em coletores solares, simulação computacional e etiquetagem de edificações. [luciana@vert.arq.br](mailto:luciana@vert.arq.br)



### **Luiz Augusto Horta Nogueira**

Engenheiro mecânico formado pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), em 1978, mestre, em 1981, e doutor em Engenharia, em 1987, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), atualmente é professor titular do Instituto de Recursos Naturais da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), onde atua desde 1979. Foi catedrático do Memorial da América Latina em 2007, diretor técnico da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), de 1998 a 2004, e pesquisador visitante junto ao Wood Energy Program (FAO, Roma), em 1997/1998, e à Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal), em Santiago, no Chile, em 2009. Orientou 34 teses acadêmicas sobre temas energéticos e é autor de cinco livros e diversos trabalhos técnicos e artigos especializados sobre eficiência energética, bioenergia e cogeração. [horta@excen.com.br](mailto:horta@excen.com.br)



### **Mara Luísa Alvim Motta**

É gerente executiva da Gerência Nacional de Meio Ambiente da Caixa Econômica Federal (CAIXA) e coordenadora do Selo Casa Azul CAIXA e das demais ações para inserir critérios ambientais nos empreendimentos habitacionais financiados, inclusive os sistemas de aquecimento solar no Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). É arquiteta, com pós-graduação em Gestão Ambiental Empresarial. [mara.motta@caixa.gov.br](mailto:mara.motta@caixa.gov.br)



### **Marcelo José dos Santos**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), em 2000, com mestrado em Engenharia Elétrica na área de concentração Sistemas Elétricos de Potência, pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em 2002, e com doutorado em Engenharia Elétrica na área de concentração Sistemas Elétricos de Potência, pela Coppe/UFRJ, em 2008. Desde 2006, trabalha na Divisão de Eficiência Energética na Oferta da Eletrobras e faz parte da equipe responsável pela Avaliação dos Resultados da Eletrobras Procel, assim como pela revisão das Metodologias de Avaliação dos Resultados do Selo Procel Eletrobras e demais estudos de avaliação que visem ao impacto de economia de energia. [marcelo.santos@eletrobras.com](mailto:marcelo.santos@eletrobras.com)



### **Márcio Vargas Lomelino**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Veiga de Almeida (UVA), em 1982, e especialista em eficiência energética pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2010. Trabalhou na Light de 1985 a 2003, nas seguintes áreas: Controle de Qualidade da Distribuição (de 1985 a 1991); Planejamento do Sistema de Transmissão (de 1991 a 2002), representando a distribuidora no Grupo de Trabalho do Plano Decenal de Expansão do Sistema de Transmissão, coordenado pela Eletrobras. Em 2003, atuou na Gerência de Recuperação de Energia da Regional Baixada, na Coordenação de Inteligência. No mesmo ano, ingressou na Eletrobras, onde trabalha como analista de nível superior no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). *lomelino@eletrobras.com*



### **Marcos André Borges**

É graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense (UFF), servidor federal pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), desde 2002, atuando na Diretoria da Qualidade. Foi coordenador do Programa de Análise de Produtos (conhecido como Teste do Fantástico) na Divisão de Orientação e Incentivo à Qualidade até 2009. Atualmente é coordenador do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) na Divisão de Programas de Avaliação da Conformidade. *maborges@inmetro.gov.br*



### **Marilda Ferreira Guimarães**

Engenheira civil formada pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), possui mestrado na área de Engenharia Ambiental Urbana. Desde 1999 é professora das disciplinas Hidráulicas Prediais e Eficiência Energética para o Curso Técnico Integrado em Edificações do Instituto Técnico Federal da Bahia (IFBA), onde é coordenadora da área de Construção Civil. Coordenou o Projeto Avaliação das Instalações Prediais de Água Quente, convênio Eletrobras, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e IFBA, no setor hoteleiro em Porto Seguro (BA), 2008 e 2009; e a Rede Eletrobras Procel Solar - Regional Nordeste, convênio Eletrobras e Instituto UNA/IFBA, em 2011. É membro do conselho do curso de Edificações da IFBA. *marildafg@hotmail.com*



### **Moisés Antonio dos Santos**

É engenheiro eletricitista formado pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2002, com MBA Executivo em Gestão de Negócios pelo Ibmec/RJ, em 2006, e pós-graduação em Uso Racional de Energia pela Unifei, em 2010. Atualmente é mestrando em Engenharia de Energia pela Unifei, atuando em estudos relacionados à eficiência energética no meio rural. Trabalha desde 2003 na Eletrobras, no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), no qual integra o núcleo responsável pela consolidação e divulgação do Relatório Anual de Resultados do Procel. De 2006 a 2010, coordenou o Projeto de Avaliação dos Sistemas de Iluminação Pública do Procel Reluz e o Projeto de Desenvolvimento de Metodologias de Avaliação do Selo Procel de Economia de Energia. De 2008 a 2011, coordenou o Projeto Piloto de Conservação de Energia no Meio Rural: Estudos de Caso nas Terras Altas da Mantiqueira. *moissess@eletrobras.com*



### **Rafael Balbino Cardoso**

Possui graduação em Engenharia Hídrica pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2005, mestrado em Engenharia da Energia, com ênfase em planejamento energético, pela mesma universidade, em 2008. Atualmente é professor da Unifei - Itabira (MG) e aluno de doutorado em Engenharia Elétrica na Unifei - Itajubá (MG). Tem experiência na área de Engenharia da Energia e Sistemas Hidráulicos, com ênfase em eficiência energética e fontes renováveis de energia, atuando principalmente nos seguintes temas: geração de energia elétrica, avaliação de economia de energia e redução de demanda de ponta atribuídos a equipamentos elétricos, otimização energética e econômica em sistemas elétricos e mecânicos. [cardosorb@excen.com.br](mailto:cardosorb@excen.com.br)



### **Rafael Meirelles David**

É engenheiro de produção formado pela Universidade Federal Fluminense (UFF), em 2002, com MBA em Gerência de Projetos, pela Fundação Getúlio Vargas, em 2005, e pós-graduado em Uso Racional da Energia, pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei), em 2010. De 2002 a 2009, atuou como técnico da Eletrobras na área de tecnologia do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), especificamente no subprograma do Selo Procel. Desde 2010 atua como gerente da Divisão de Eficiência Energética em Equipamentos, na Eletrobras, que tem como principal atribuição a gestão do subprograma do Selo Procel. [rmdavid@eletrobras.com](mailto:rmdavid@eletrobras.com)



### **Reinaldo Castro Souza**

É engenheiro eletricista formado pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), com mestrado em Engenharia de Sistemas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), PhD em Estatística (Séries Temporais, Modelos de Previsão e Estatística Bayesiana) pela Warwick University, Coventry, e pós-doutor em Econometria pela London School of Economics. É professor titular do departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio, membro do corpo diretor do IEPUC, professor colaborador do programa de mestrado em Metrologia, Qualidade e Inovação da PUC-Rio e professor do Curso de Especialização em Métodos Estatísticos Computacionais do departamento de Estatística da UFJF, desde a sua criação. É pesquisador com bolsa de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), nível 1A, há mais de 10 anos, e membro do comitê assessor de Engenharia III da Capes, por três mandatos, além de ser membro do CA de Engenharia de Produção, Pesquisa Operacional e Transportes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Sua área de atuação é desenvolvimento de modelos estatísticos clássicos e/ou bayesianos para a previsão de séries temporais, análise de risco e tomada de decisão sob incerteza. [reinaldo@ele.puc-rio.br](mailto:reinaldo@ele.puc-rio.br)



### **Samoel Vieira de Souza**

Presidente da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (Abrava), é engenheiro formado pela Universidade Mackenzie, com diversos cursos de aperfeiçoamento no Brasil e no exterior, incluindo o MBA em Marketing. É diretor e sócio fundador da CACR Engenharia e Instalações Ltda. Nos últimos 10 anos, tem participado da diretoria e conselho da Abrava, atuando como vice-presidente de Tecnologia e Meio Ambiente nas últimas três gestões e presidente do Conbrava nas últimas cinco edições. É também *past* presidente da SMACNA - Brasil e membro do ISPE e da ASHRAE - Brasil, onde participou da primeira diretoria. Cooperou com outras entidades dentro e fora do setor. Até criar a CACR Engenharia, trabalhou na Luwa Climatécnica, na Midland Ross, de onde saiu para ser sócio da Krieger Metalúrgica. [presidencia@abrava.com.br](mailto:presidencia@abrava.com.br)



### **Sérgio Mariano da Silva**

É graduado em Administração de Empresas pela Faculdade de Ciências Administrativas da UNA e pós-graduado em Economia Industrial e em Marketing e Finanças pela Fundação João Pinheiro. É sócio e diretor comercial da JMS Industrial, fabricante de sistemas de aquecimento de água. É também sócio fundador da Cirex Indústria e Comércio Ltda e da Açofil S.A Produtos Siderúrgicos. Entre as funções que exerce atualmente estão as de diretor regional da Abrava e presidente do BH-Solar, associação ligada ao Sinaaes, formada pelo grupo Mineiro de Empresas Fabricantes de Aquecedores Solares. Também atuou em entidades de classe, como Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (Fiemg), Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Abinee) e associação comercial de Contagem (MG). [sergio@jmsaquecimento.com.br](mailto:sergio@jmsaquecimento.com.br)



### **Taygoara Felamingo de Oliveira**

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de Brasília (UnB), em 2000, mestrado em Engenharia Mecânica pela UnB, em 2002, e doutorado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), em 2007. Atualmente é professor adjunto da Faculdade UnB - Gama. Coordenou o curso de Engenharia de Energia da UnB no período de 2008 a 2010. Atua na área de termociências com enfoque para o uso de métodos numéricos (volumes finitos, elementos finitos, métodos integrais de contorno, métodos lagrangeanos) para a solução de problemas de mecânica dos fluidos e reologia e sistemas contínuos em geral. Tem experiência em micro-hidrodinâmica, reologia de emulsões, soluções poliméricas, processos estocásticos e turbulência. [taygoara@unb.br](mailto:taygoara@unb.br)





### **Wilson Negrão Macedo**

É professor do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará (UFPA). Possui graduação em Engenharia Elétrica pela UFPA, em 1999, mestrado em Engenharia Elétrica pela UFPA, em 2002, e doutorado em Energia pela Universidade de São Paulo (USP), em 2006, onde atuou, no período de 2002 a 2006, como pesquisador no Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE). Atualmente desenvolve pesquisa na área de energia solar fotovoltaica e sistemas híbridos, no Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (Gedae) da UFPA. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em sistemas elétricos de potência, atuando principalmente nos seguintes temas: geração distribuída, energia solar fotovoltaica, conexão à rede elétrica de baixa tensão e energias renováveis. *wnmacedo@ufpa.br*