

**SESSÃO TÉCNICA ESPECIAL:  
CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (STC)**

**UTILIZAÇÃO DE AQUECEDORES SOLARES DE BAIXO CUSTO EM  
PROGRAMAS DE GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA (GLD)**

George Andrew Oliva \*

**CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz**

**RESUMO**

Neste trabalho são apresentadas as alternativas que estão sendo consideradas pelo setor elétrico do país para reduzir a potência demandada no aquecimento de água residencial no horário de ponta. É discutida, em especial, a alternativa dos aquecedores solares de água de baixo custo para uso residencial, incluindo a tecnologia do Pré-Aquecedor Solar de Água para Chuveiros Elétricos de Potência Reduzida, desenvolvido pela CPFL. Também são relatadas as experiências para utilização dessa tecnologia como ferramenta de atuação sobre o mercado de eletricidade, em programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) conduzidos por concessionárias de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE**

Energia solar, Aquecimento de água doméstico, Eficiência energética, Gerenciamento pelo lado da demanda, GLD, DSM, Chuveiro elétrico.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

A análise do problema enfrentado nos últimos anos pelo sistema elétrico interligado das Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, para atender à demanda de potência elétrica no horário de ponta, evidenciou a contribuição do chuveiro elétrico para a formação da ponta na curva de carga.

Diversas alternativas vêm sendo estudadas para tentar modificar essa situação, que tem implicações não só conjunturais, de atendimento à demanda nesses anos críticos, mas também mais amplas, referentes à

rentabilidade da comercialização de energia elétrica para o segmento residencial, devido ao baixo fator de carga decorrente da concentração no horário de utilização do chuveiro e de sua elevada potência.

Atuar no perfil de consumo da energia elétrica para aquecimento de água doméstico, visando modular a curva de carga desse uso final e, conseqüentemente, do segmento residencial, implica em alteração de hábitos de consumidores e/ou em substituição de equipamentos. Essa metodologia é conhecida por GLD - Gerenciamento pelo Lado da Demanda (do inglês "DSM - Demand-Side Management").

**2.0 - GERENCIAMENTO PELO LADO DA  
DEMANDA - GLD**

**2.1 Conceito**

As atividades de GLD constituem ações no lado da demanda de energia (isto é, do consumidor), implementadas diretamente ou estimuladas indiretamente pela concessionária de energia. São atuações sobre o mercado no sentido de modificar e racionalizar a forma com que a energia é utilizada pelos consumidores. Resultam em alteração na configuração da curva de carga, aumentando o fator de carga do sistema elétrico da concessionária e alterando as taxas de crescimento do consumo. Essas atividades incluem o gerenciamento de carga, a conservação de energia, a eletrificação e o crescimento estratégico de mercado. Para a concessionária, a atuação em GLD pode representar um recurso para minimizar custos futuros e manter a confiabilidade. Para o consumidor, pode significar uma melhoria da qualidade do serviço recebido da concessionária [1].

O GLD teve um grande desenvolvimento nos Estados Unidos até o início da década de 90, tendo mostrado redução em anos recentes em função da reestruturação do setor elétrico americano. Mesmo assim, em 1997 foram investidos em GLD cerca de US\$ 1,6 bilhão, por 971 concessionárias de eletricidade, com redução de 25,3 GW de demanda de ponta [2].

## 2.2 A Questão do Chuveiro Elétrico

A curva de carga diária do sistema de distribuição de energia elétrica do sistema interligado Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil apresenta aumento de demanda de potência no período entre 18 e 20 horas (horário de ponta). O pico de demanda ocorre em torno de 19 horas. O segmento de mercado residencial responde por significativa parcela desse pico. O sistema da CPFL apresenta característica semelhante, onde a participação do residencial responde por cerca de 34% da demanda de ponta, superando os demais segmentos, inclusive o industrial. A Figura 1 apresenta a desagregação da curva de carga da CPFL por segmento de mercado (demanda máxima de 1998).

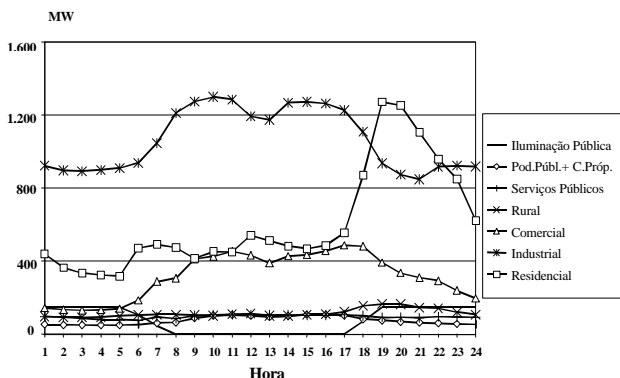


FIGURA 1 – Desagregação da Curva de Carga da CPFL (Máxima de 1998)

Um dos principais equipamentos responsáveis por essas pontas é o chuveiro elétrico. Pesquisa feita na área da CPFL mostrou que a quase totalidade (98,3%) das residências opta pelo uso de chuveiros elétricos para banho, existindo em média 1,05 chuveiro elétrico por domicílio, com predominância de uso no horário de ponta [3]. O chuveiro elétrico, apesar de ser um dispositivo simples e barato para o consumidor, acaba sendo inadequado para a concessionária em função do horário de uso (funciona principalmente na ponta), de sua elevada potência e de seu reduzido período de uso (apresentando, portanto, baixo fator de carga).

O problema tende a se agravar em função do contínuo aumento de potência dos chuveiros elétricos verificado nos últimos anos, tendo passado de cerca de 3,0 kW, em média, para a faixa de 4,4 a 6,5 kW. Aquecedores elétricos de passagem chegam a ter 8,8 kW.

## 2.3 Alternativas em Estudo pelo Setor Elétrico

Diversas alternativas estão sendo consideradas para redução da demanda residencial no horário da ponta. O grupo de trabalho do Plano de Ação PROCEL/GCOI analisou em 1996 diversas medidas emergenciais para o gerenciamento da demanda na baixa tensão, que tinham por objetivo contribuir para solução do problema para o atendimento da demanda de ponta no sistema interligado [4]. As principais eram:

- Controlador de Demanda no Padrão de Entrada
- Controlador de Demanda no Equipamento
- Tarifa Diferenciada Binômica na Baixa Tensão
- Tarifa Diferenciada Monômica na Baixa Tensão
- Aquecedores Solares de Água de Baixo Custo
- Aquecedores de Água a Gás

Concessionárias de energia elétrica desenvolveram projetos piloto com essas alternativas [4].

## 2.4 O Programa de GLD da CPFL

A CPFL vem desenvolvendo e implementando desde 1984 diversas ações de promoção do uso racional e da conservação de energia junto a seus consumidores. Em um primeiro momento foram criados programas de conscientização e orientação aos consumidores para a questão. Posteriormente, em 1998, começaram a ser desenvolvidas ferramentas de atuação sobre o mercado, para os principais usos finais de energia. Em 1995 teve início o desenvolvimento do Programa de GLD da CPFL, com a aplicação de um piloto em Campinas, denominado Bandeirantes. Atualmente a CPFL está implementando o Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica para 1999 [5].

No planejamento das ações do Programa de GLD Bandeirantes, estão sendo consideradas três alternativas para serem utilizadas como ferramentas de atuação sobre o mercado residencial: a instalação de controladores de demanda residenciais (“limitador de energia”), a aplicação da tarifa diferenciada na baixa tensão (“tarifa amarela”) e a utilização de aquecedores solares de baixo custo.

## 3.0 - AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA DE BAIXO CUSTO

Considerando a necessidade de buscar alternativas para a produção de água quente residencial e o fato da área de concessão da CPFL encontrar-se em uma região muito favorável em incidência de radiação solar, o aproveitamento da energia solar para aquecimento de água começou a ser analisado pela CPFL para promover uso racional e conservação de energia.

### 3.1 Tecnologia de Aquecimento Solar de Água

A tecnologia de aquecimento solar de água para uso doméstico, por meio de coletores solares do tipo placa plana, é bem dominada e tem sido empregada com bons resultados, quando os aquecedores são projetados, construídos e instalados de forma adequada [6].

Existem milhares de sistemas instalados no país. Esses aquecedores, entretanto, são encontrados geralmente em casas da população de maior poder aquisitivo.

Uma das barreiras à maior disseminação do uso de aquecedores solares de água refere-se ao valor do investimento inicial, relativamente elevado, pois os equipamentos são construídos com materiais nobres e de maneira artesanal, em pequena escala.

A ampliação do aproveitamento da energia solar em residências passa, necessariamente, pela redução do preço dos equipamentos. Sabe-se de antemão que, por mais baixo que seja o custo do aquecedor solar, deverá ter preço maior do que o do chuveiro elétrico, por tratar-se de sistema de acumulação de água quente.

### 3.2 Aquecedor Solar de Baixo Custo

A CPFL vem estudando o aproveitamento da energia solar para aquecimento de água doméstico desde 1989, quando foi criado o projeto *Aquecedor Solar de Baixo Custo*. O projeto visa estudar tecnologias que configurem alternativas viáveis ao chuveiro elétrico e que possam ser acessíveis à população de baixa renda. Um dos primeiros projetos a serem estudados foi o aquecedor solar da Mineração Jundu [7].

Considera-se aquecedor solar de baixo custo (ASBC) os sistemas de baixo investimento inicial, quando comparados aos aquecedores solares tradicionais. “*Baixo custo*” não significa necessariamente “*baixa eficiência*”, apesar de, em muitos casos, haver redução relativa do rendimento térmico ou da vida útil. O objetivo a ser perseguido é a otimização da configuração do sistema, buscando minimizar o custo inicial sem grandes reduções no desempenho energético e econômico, visando tornar os aquecedores mais viáveis economicamente [6].

A principal característica desse tipo de equipamento é o seu dimensionamento, voltado para suprir apenas às necessidades de banho dos consumidores.

### 3.3 Desenvolvimento do Pré-Aquecedor Solar

No decorrer dos estudos realizados pela CPFL foi concebida a idéia de um chuveiro elétrico de baixa potência, auxiliado por um aquecedor solar de baixo

custo. A tecnologia foi denominada *Pré-Aquecedor Solar de Água para Chuveiros Elétricos de Potência Reduzida* [8]. O desenvolvimento da tecnologia está sendo realizado em 4 etapas:

- Etapa 1: *Experiência de laboratório*, para definição de um protótipo de pré-aquecedor solar acoplado a chuveiro elétrico de baixa potência.
- Etapa 2: *Teste de campo escala piloto*, para avaliar a tecnologia em condições reais de uso.
- Etapa 3: *Teste de campo escala de demonstração*, para medir os efeitos sobre o sistema elétrico e avaliar mecanismos de difusão da tecnologia.
- Etapa 4: *Repasse da tecnologia ao mercado*, incluindo um programa de difusão do uso de pré-aquecedores solares em programas de GLD.

As etapas 1 e 2 do projeto foram desenvolvidas pela CPFL entre 1991 e 1997, com a colaboração da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP e o apoio de fabricantes de equipamentos e do Depto. de Aquecimento Solar da ABRAVA. De 1995 a 1997, o projeto contou com patrocínio parcial do PROCEL [8], [9]. Atualmente estão sendo planejadas as etapas 3 e 4.

### 3.4 O Pré-Aquecedor Solar de Água

O protótipo especificado nos testes é basicamente um aquecedor solar de menor investimento para o consumidor, projetado para fornecer água pré-aquecida a uma certa temperatura. O chuveiro de baixa potência eleva a temperatura até a de banho, quando necessário. Conta também com um resistor elétrico no reservatório térmico, também de potência reduzida, para garantir a energia em dias de baixa radiação solar incidente. A soma das potências dos dois resistores é menor do que a metade da potência dos chuveiros elétricos comuns.

O protótipo foi especificado com um reservatório térmico (RT) de 500 litros, coletor solar com 2 m<sup>2</sup> de área, potência do resistor do RT de 350 W, potência do resistor do chuveiro de 1650 W e temperatura de pré-aquecimento, controlada por termostato, de 30 °C. Foi projetado ser instalado em casas já construídas [8].

### 3.5 Análise de Viabilidade do Pré-Aquecedor Solar

Os resultados do teste de campo piloto mostraram elevada satisfação por parte dos usuários e reduções no consumo de energia e na demanda de ponta. A economia de energia observada foi menor do que a esperada, em alguns casos, devido ao aumento do conforto (maior vazão de água quente e maior número e duração de banhos), conforme medições e declarações dos usuários. Para uma adequada análise do impacto sobre a demanda de potência no sistema elétrico é necessária uma experiência em maior escala.

A análise econômica preliminar, mostrou que o protótipo de pré-aquecedor solar, produzido com as sugestões propostas para redução de custos, poderia custar cerca de US\$ 400. O custo de conservação de energia para a concessionária seria de US\$ 377/kW, com tempo de retorno de investimento de 3,9 anos [8].

Estudos de posteriores sobre o pré-aquecedor solar foram feitos por vários autores, como a análise de econômica de introdução da tecnologia em habitações populares [10], a análise energética global do sistema [11] e a avaliação de ciclo de vida [12].

A análise de viabilidade técnico-econômica final da tecnologia, dos pontos de vista do consumidor, da concessionária e da sociedade, poderá ser feita após o desenvolvimento do teste em escala de demonstração.

### **3.6 Outras Experiências com ASBCs**

Além do Pré-Aquecedor Solar, outras experiências vêm sendo conduzidas com ASBCs, realizadas por concessionárias de energia elétrica, contando com apoio de universidades e fabricantes de equipamentos:

**3.6.1 Projeto Popsol** - Projeto piloto destinado a avaliar mecanismos de difusão para popularização do uso de ASBCs, realizado por um fabricante (Soletrol), com a colaboração da CPFL na medição de consumo e demanda de energia elétrica em 10 residências [13].

**3.6.2 - Sistema Simplificado de Fácil Construção** - Desenvolvimento pela CEMIG de aquecedor solar de água montado a partir componentes de simples construção com materiais encontrados em casas de material de construção civil e serralherias [14].

**3.6.3 Aquecedores Solares na Ilha do Mel** - Projeto de instalação de 203 aquecedores solares tipo Popsol em casas na Ilha do Mel, PR, como parte de uma proposta de conservação de energia. da COPEL [15].

**3.6.4 Chuveiro Solar** - Experiência piloto da CEB com aquecedores de baixo custo em 13 casas [16].

**3.6.5 Aquecedor Solar no Projeto Cingapura** - Experiência piloto com sistema de aquecimento solar de água central em edifício de 20 apartamentos em São Paulo, realizado pela Eletropaulo e ABRAVA.

## **4.0 - UTILIZAÇÃO DE AQUECEDORES SOLARES DE BAIXO CUSTO EM PROGRAMAS DE GLD**

### **4.1 Programa de GLD Bandeirantes da CPFL**

O Programa de GLD Bandeirantes foi concebido como uma aplicação piloto na área de influência de uma subestação transformadora de energia elétrica da CPFL (SE Bandeirantes, em Campinas), que atende a um mercado predominantemente residencial, e tem ampliação prevista nos próximos anos para atender ao aumento da demanda. O objetivo é avaliar o conceito do gerenciamento pelo lado da demanda como forma de atuação sobre o mercado de uma concessionária de distribuição com as características da CPFL.

Para avaliar as 3 alternativas de atuação consideradas no Programa para a modulação de carga no segmento residencial, foram realizadas pesquisas de mercado qualitativa (“focus-groups”) e quantitativa, junto a amostra dos clientes da região.

### **4.2 Alternativas Consideradas para Modulação de Carga no Segmento Residencial**

As principais características dessas alternativas, bem como exemplos numéricos dos valores monetários das economias, foram informadas aos consumidores envolvidos nas pesquisas de mercado do Programa:

#### **4.2.1 Limitador de Energia (Controlador de Demanda no Padrão de Entrada)**

Dispositivo instalado no padrão de entrada de energia elétrica da residência, com o objetivo de limitar a demanda de potência elétrica no horário de ponta.

A atuação do limitador ocorre durante um período de uma hora e meia dentro do horário de ponta, no qual não podem ser utilizados equipamentos com potência elevada, como o chuveiro elétrico e o ferro elétrico. Caso seja ligado um desses eletrodomésticos nesse horário, o disjuntor geral da casa cortará o fornecimento de energia da residência. O consumidor terá, então, que desligar o eletrodoméstico e rearmar o disjuntor geral. A potência limite permite que nesse período de uma hora e meia possam continuar a ser utilizados alguns equipamentos de menor demanda, como a geladeira, o freezer, as lâmpadas e a televisão.

A adesão ao projeto, que é voluntária e pode ser revista a qualquer momento, proporciona ao consumidor um desconto fixo de 20% na conta de energia.

#### **4.2.2 Tarifa Amarela (Tarifa Binômica Horária na Baixa Tensão)**

Implantação de uma nova modalidade tarifária para os consumidores ligados na baixa tensão, na qual o preço da energia é maior no horário de ponta (entre 18:00 e 21:00 h) do que fora desse horário. Há cobrança pelos componentes energia e demanda (tarifa binômica).

Para efeito das pesquisas de mercado foi considerado que, no horário de ponta, a eletricidade custaria cerca de 3 vezes mais do que atualmente. Fora desse horário, a energia custaria a metade.

Desse modo, se os moradores de uma casa passassem usar seus equipamentos de maior potência, como o chuveiro elétrico e o ferro elétrico, fora do horário de ponta, teriam uma redução na conta de luz. Se, por outro lado, costumam usar esses equipamentos no horário de ponta, e continuarem a utilizá-los nesse horário, pagariam mais pela energia do que hoje.

#### 4.2.3 Aquecedor Solar de Baixo Custo

O equipamento é um pré-aquecedor solar de água, de baixo custo, com complementação elétrica.

Foram fornecidas informações aos participantes da pesquisa sobre as características do aquecedor solar e sobre seu funcionamento, tais como o maior conforto em relação ao chuveiro elétrico comum e durabilidade de pelo menos 10 anos, com pouca manutenção. É esperada uma economia de cerca de 60% da energia elétrica gasta para banhos. Economias maiores podem ser obtidas, dependendo dos hábitos de banho (duração dos banhos, quantidade de água usada), etc..

Um aquecedor solar para atender 5 banhos por dia, de uma família típica, teria um preço de R\$ 600,00. A CPFL financiaria o aquecedor para o consumidor em 36 meses, o que representa uma prestação de cerca de R\$ 20,00 por mês (juros de 1% ao mês).

Foram dados exemplos de relação custo-benefício. No caso de moradia com consumo de 210 kWh/mês (média da CPFL) para uma conta de aproximadamente R\$ 40,00 (à época), dependendo do número e da duração dos banhos, poderia haver uma economia média de R\$ 12,00/mês na conta. Nos 3 primeiros anos, o consumidor o desembolso líquido seria de R\$ 8,00/mês por mês. Do 4º ao 10º ano, já teria pago totalmente o aquecedor e passaria a ter um benefício de redução na conta de R\$ 12,00/mês, em média.

#### 4.3 Comparação entre as Alternativas

Na comparação entre as alternativas, dois parâmetros devem ser considerados: a necessidade de mudanças de hábito de uso de equipamentos por parte dos consumidores de energia e os benefícios econômicos que poderão auferir em função de essa mudança.

A Tabela 1 apresenta, de forma simplificada, uma comparação das 3 alternativas, contendo vantagens e desvantagens para o consumidor, em termos dos dois parâmetros citados. Essa comparação foi apresentada

na pesquisa qualitativa, onde foi avaliada a compreensão dos consumidores sobre os conceitos envolvidos nas alternativas. Uma adequada avaliação desse tipo é fundamental em programas de GLD, que dependem de adesão voluntária. Os resultados foram usados na preparação da pesquisa quantitativa.

TABELA 1: Comparação entre as Alternativas

Alternativa	Vantagens para o Consumidor	Desvantagens para o Consumidor
<i>Limitador de Demanda Residencial</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diminuição garantida do valor da conta de energia (desconto de 20%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impossibilidade do banho (com água quente) no horário de ponta</li> </ul>
<i>Tarifa Amarela</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibilidade no horário de banho</li> <li>• Diminuição da conta de energia se mudar o hábito de banho (horário)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento do valor da conta de energia se não mudar o hábito de banho</li> </ul>
<i>Aquecedor Solar de Baixo Custo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é necessário mudar o hábito (horário) de banho</li> <li>• Diminuição do valor da conta de energia</li> <li>• Aumento do conforto (mais água quente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investimento na aquisição do aquecedor solar (financiado)</li> <li>• Aumento (eventual) do valor da conta de água</li> </ul>

#### 4.4 Resultados das Pesquisas de Mercado

A Tabela 2 apresenta alguns dos resultados obtidos na pesquisa quantitativa, feitas junto a consumidores na área onde está sendo desenvolvido o Programa [17]:

TABELA 2 - Resultados da Pesquisa Quantitativa

Item Pesquisado	Limitador Energia	Tarifa Amarela	Aquec. Solar
Avaliação Conceitos (0 a 10)	5,73	5,98	5,2
Pontos Positivos (%)	Desconto (26%) Economia (24%)	Desconto (27%) Economia (21%)	Economia (36%) Pagar menos (35%)
Pontos Negativos (%)	Horário p/ banho (40%) Corte Inesperado (24%)	Maior gasto na ponta (34%) Horário p/ banho (28%)	Custo Alto (54%) Muito tempo p/ pagar (28%)
Escolheria em 1º lugar	30%	28%	20%

Algumas conclusões da pesquisa quantitativa:

- Não há diferença estatisticamente significativa entre as avaliações do Limitador de Energia (5,98) e da Tarifa Horária (5,73).
- Estas duas alternativas são significativamente melhor avaliadas do que o Aquecedor Solar (5,20).
- Quanto ao Aquecedor Solar, a não adesão a essa alternativa está diretamente relacionada ao fato do usuário ter de pagar pelo aparelho.

- Nas classes mais altas (A1+A2), o Aquecedor Solar foi escolhido por 38% dos respondentes, contra apenas 20% no resultado total.
- A proporção mais baixa de respondentes que escolheram a alternativa Aquecedor Solar em 1º lugar está nas classes C e D: 13%.
- As medidas de tendência central (moda e mediana) permitem concluir que nenhuma das três propostas mobiliza fortemente a população.
- Estes resultados indicam necessidade de ações de marketing muito específicas quando do teste de mercado de qualquer das idéias.
- No Aquecedor Solar, o fator “pagamento pelo aparelho” é praticamente o único fator negativo.

Existe a possibilidade de adoção de 2 alternativas simultaneamente, como a Tarifa Horária e o Aquecedor Solar, o que está sendo considerado.

### 5.0 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O aquecimento solar de água pode e deve ser contemplado como uma das alternativas para GLD.
- Algumas das barreiras estão sendo reduzidas, em função dos projetos-piloto desenvolvidos por concessionárias, do sistema de testes e etiquetagem de coletores solares e reservatórios térmicos (INMETRO / PROCEL / Green Solar) e do trabalho de informação realizado pelos fabricantes.
- O problema do investimento inicial ainda persiste para os segmentos de menor poder aquisitivo.
- Mecanismos de financiamento, com prazos e condições adequados, ainda estão por ser definidos.
- Há necessidade de projetos em escala de demonstração, com maior número de aquecedores solares de baixo custo, para medir e avaliar:
  - impactos sobre o sistema elétrico de distribuição (modulação de carga);
  - mecanismos de financiamento e difusão;
  - sistema de garantia de qualidade.
- Existe a oportunidade dos Programas Anuais de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica das Concessionárias.

### 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] GELLINGS, C.W. & CHAMBERLIN, J.H. **Demand-side management planning**. Lilburn: Fairmont, 1993.
- [2] US DOE. **U.S. Electric utility demand-side management 1997 - Executive summary**. Jan/99.
- [3] CPFL. ELETROBRÁS. PROCEL. PUC-RIO. **Pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo. Pesquisa CPFL-SP**. Relatório básico. Rio de Janeiro, 1997.
- [4] ELETROBRÁS. **Plano de Ação PROCEL/ GCOI. Projeto 1: Gerenciamento e modulação de carga na baixa tensão**. Rio de Janeiro, dez/96.
- [5] OLIVA, G.A. A experiência da CPFL na preparação e implantação de planos de eficiência energética. In: **Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - Efficientia 98**. (Anais a serem publicados). Rio de Janeiro: outubro/98.
- [6] OLIVA, G.A. Tecnologias de aquecimento solar de água e conservação de energia. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais**. EPUSP, São Paulo: nov/93.
- [7] OLIVA, G.A. & MARTINS, W. **Aquecedor solar da Mineração Jundu**. CPFL. Campinas: abril/89 (Relatório interno).
- [8] OLIVA, G.A. et alii. Desenvolvimento de tecnologia de pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida. In: **XII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - SENDI/94. Anais**. Recife: outubro/94.
- [9] OLIVA, G.A. & BORGES, T.P.F. Teste de campo piloto com pré-aquecedor solar de água para chuveiros elétricos de potência reduzida. In **VII Congresso Brasileiro de Energia -CBE/96 e II Seminário Latino Americano de Energia. Anais**. Rio de Janeiro: outubro/96.
- [10] MADUREIRA, G.M. & JANNUZZI, G.M. Análise econômica da introdução de pré-aquecedores solares nas habitações brasileiras. In: **CBE/96. Anais**. Rio de Janeiro: outubro/96
- [11] LEONELLI et alii. Análise energética de um sistema de pré-aquecimento solar de água. In: **CBE/96. Anais**. Rio de Janeiro: outubro/96
- [12] PINTO, C.P. Avaliação de ciclo de vida como instrumento de planejamento energético: metodologia e estudo de caso pré-aquecedores solares. In: **III Congr. Bras. de Planejamento Energético. Anais**. São Paulo: junho/98.
- [13] SOLETROL. CPFL. **Projeto Popsol**. 1998 (a ser publicado).
- [14] CEMIG. **Energia solar para aquecimento de água - sistema simplificado de fácil construção**. Belo Horizonte: outubro/93. (Relatório interno).
- [15] COPEL. **Ilha do Mel - Proposta para conservação de energia: relatório de andamento**. Belo Horizonte: setembro/96.
- [16] Freitas, M.V. et alii. Experiência da CEB com a substituição de chuveiro elétrico por chuveiro solar. In: **XIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - SENDI/97**. Anais. São Paulo: maio/97
- [17] CPFL. AS. **Utilização de energia elétrica em residências de Campinas . Relatório Final**. Campinas: junho/98 (Relatório interno)