

**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).

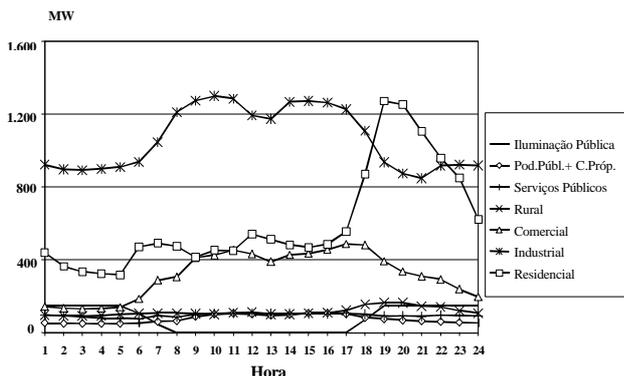


FIGURA 1 – Desagregação da Curva de Carga da CPFL (Máxima de 1998)

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 m² 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"> • Diminuição garantida do valor da conta de energia (desconto de 20%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Impossibilidade do banho (com água quente) no horário de ponta
<i>Tarifa Amarela</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade no horário de banho • Diminuição da conta de energia se mudar o hábito de banho (horário) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do valor da conta de energia se não mudar o hábito de banho
<i>Aquecedor Solar de Baixo Custo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Não é necessário mudar o hábito (horário) de banho • Diminuição do valor da conta de energia • Aumento do conforto (mais água quente) 	<ul style="list-style-type: none"> • Investimento na aquisição do aquecedor solar (financiado) • Aumento (eventual) do valor da conta de água

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)