



XIX Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2010 – 22 a 26 de novembro

São Paulo - SP - Brasil

Aquecimento Solar para Substituição de Chuveiros Elétricos e Eficientização dos Sistemas de Iluminação de Conjunto Habitacional de Baixa Renda

Rodrigo Schoneborn Nogueira	Thiago Lemme Lafalce	Alexandre S. Moana
EDP Bandeirante	EDP Bandeirante	Energias
rodrigo.nogueira@edpbr.com.br	thiago.lafalce@edpbr.com.br	alex@energias.com.br

Palavras-chave

Aquecimento Solar

Baixa Renda

CDHU

Mogi das Cruzes

EDP Bandeirante

Resumo

Este trabalho visa apresentar o pioneirismo na solução técnica dada para implantação de aquecimento solar individualizado em substituição do chuveiro elétrico para condomínios verticais de baixa renda. O projeto foi concebido pela EDP Bandeirante Energia em parceria com a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo - CDHU, no âmbito do Programa de Eficiência Energética da distribuidora regulamentado pela ANEEL. O projeto consiste na adoção de sistemas de aquecimento solar híbrido para substituição do chuveiro elétrico, doação de lâmpadas compactas e promoção de eventos educacionais no Conjunto Habitacional Cesar de Souza, localizado em Mogi das Cruzes, que beneficiará 1.680 unidades consumidoras de baixo poder aquisitivo.

A principal inovação adotada nesse projeto foi o desenvolvimento e aplicação do dispositivo controlador de chuveiro elétrico, utilizado como backup do aquecimento solar, que modula automaticamente a potência da resistência elétrica conforme a temperatura da água que chega ao chuveiro, evitando assim, o desperdício de água fria da tubulação e conseqüentemente energia elétrica. Espera-se que, com a execução das ações previstas nesse trabalho pouparemos o consumo de energia elétrica em 876,70 MWh/ano e demanda retirada da ponta de 3.075,72 kW.

1. Introdução

A iniciativa apresentada neste artigo teve como motivador principal o protocolo de cooperação firmado entre a EDP Bandeirante e a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo - CDHU, com objetivo de aumentar a eficiência energética de 4.800 unidades consumidoras, até 2012, residentes nos conjuntos habitacionais do CDHU localizados na área de concessão da Bandeirante, promovendo ações diretas de combate ao desperdício de energia elétrica e fomento ao desenvolvimento sustentável local.

Para viabilizar as ações no Conjunto Habitacional Cesar de Souza em Mogi das Cruzes/SP (Figura 1), foi previsto investimento no valor total de R\$8.963.301,00 (Oito Milhões, Novecentos e Sessenta e Três mil, Trezentos e Hum Reais), onde a Bandeirante investirá 100% do recurso a fundo perdido.



Figura 1: Vista Aérea do Conj. Habitacional Cesar de Souza

Este projeto tem como objetivo estabelecer a eficiência do uso de energia elétrica vinculada a substituição de equipamentos ineficientes e mudanças de hábitos de consumo, agindo diretamente no foco do problema que é o pico de demanda no horário de ponta e com isso reduzindo custos operacionais da concessionária.

Desta forma, foca-se a redução do consumo de energia e da demanda no horário de ponta do sistema elétrico, o que é obtido por meio da modernização dos Sistemas de Aquecimento de Água e de Iluminação instaladas no Conjunto Habitacional de Baixa Renda, mediante a instalação de Aquecedores Solares com Dispositivos Eletrônicos para controle de potência individualizados em substituição aos Chuveiros Elétricos e substituição de Lâmpadas Incandescentes e eventuais outras de baixa eficiência por Lâmpadas Fluorescentes Compactas – LFC, de alta eficiência energético-luminosa, proporcionando considerável redução do consumo de energia elétrica e da demanda no horário de ponta do sistema elétrico.

Esse projeto foi desenvolvido visando sua replicabilidade dentro do programa compromissado com a CDHU, e poderá servir de modelo de referência para outros projetos no âmbito dos Programas de Eficiência Energética das Concessionárias do País.

Com os ganhos obtidos dentro do Programa, os maiores beneficiados serão as unidades consumidoras contempladas, que poderão destinar os recursos economizados com a fatura de energia elétrica na melhoria da qualidade de vida da família, e a concessionária com a redução dos níveis de inadimplência e redução de demanda no horário de pico.

2. Descrição e Detalhamento do projeto

Visando atender aos objetivos descritos, as ações empreendidas pelo projeto foram centradas segundo 2 linhas principais:

Redução do Consumo de Energia e de Demanda no Horário de Ponta: A ser obtida por meio da substituição de chuveiros elétricos por Sistemas Solares de Aquecimento de Água e de modernização

da Iluminação de interiores para Lâmpadas Fluorescentes Compactas – LFC, de alta eficiência energética/luminosa, proporcionando considerável redução do consumo de energia elétrica e da demanda no horário de ponta do sistema elétrico.

Orientação dos Hábitos de Consumo para o Uso Eficiente e Seguro da Energia: A ser obtido por meio de um complexo de Ações Educacionais, Atividades de Orientação, Sensibilização e Eventos, a serem realizados com a comunidade envolvida e em processo de interação individual e comunitária.

Para direcionamento e execução segundo as linhas descritas, o projeto foi organizado de acordo com as seguintes atividades:

- Pré-diagnóstico;
- Avaliação Estrutural do Prédio;
- Diagnóstico Energético Detalhado;
- Desenvolvimento da Solução do Sistema de Aquecimento Solar Individualizado e Projeto de Reforço estrutural;
- Elaboração de Especificações Técnicas de Materiais e Serviços para Contratação;
- Cadastramento das Unidades Consumidoras;
- Execução das Obras de Instalação do Sistema Solar e Substituição das Lâmpadas Ineficientes;
- Eventos voltados a Conscientização da Comunidade;
- Treinamento dos Usuários;
- Medição e Verificação dos Resultados.

2. 1 Redução do Consumo de Energia e de Demanda no Horário de Ponta - Detalhamento das Tecnologias Utilizadas

2.1.1 Iluminação

O projeto realiza a substituição de todas as lâmpadas de baixa eficiência energética instaladas nos apartamentos e nas áreas de uso comum dos prédios (escadarias, hall, etc.) dos Conjuntos Habitacionais, por lâmpadas fluorescentes compactas – LFC, com 20 W de potência.

Levantamentos de campo realizados pela EDP Bandeirante mostram que, para efeito de projeto, a potência média das lâmpadas incandescentes é de 60 W, enquanto a quantidade média é de 7 lâmpadas por apartamento, incluindo-se áreas comuns internas dos edifícios.

2.1.2 Sistemas de Aquecimento de Água

O projeto prevê a substituição parcial de chuveiros elétricos instalados por alternativas de sistema de aquecimento de água por energia solar.

Os levantamentos de campo realizados mostram que a potência média para os chuveiros instalados é de 5.400 W, sendo que cada unidade consumidora tem um único chuveiro.

A tecnologia utilizada é a de aquecedores solares por termossifão, que permite a circulação de água entre as placas coletoras e reservatórios térmicos sem auxílio de bombeamento.

Os sistemas de captação solar, ou coletores solares, utilizados no projeto são especificados de forma a apresentar uma produção média de energia mínima de 144 kWh/mês.

Reservatório Térmico - Detalhamento

Os conjuntos da CDHU são construídos com medição individualizada e, dessa forma, os Sistemas de Aquecimento de Água por Energia Solar a serem instalados devem prever a instalação de Coletores Solares e Reservatórios Térmicos individualizados para cada unidade consumidora (Tabela 1). Além disso, a alimentação de água fria deverá através de tubulação proveniente de cada apartamento. As instalações também permitem, através de registro, a inibição do fornecimento da água aquecida pelo Sistema Solar de forma individualizada, aumentando a confiança dos moradores em relação à confiabilidade do sistema.

O reservatório térmico não deverá possuir resistência elétrica, de acordo com a solução de configuração adotada e descrita adiante.

Tabela 1: Reservatórios - Características Técnicas

Capacidade de armazenamento útil (litros)	200
Pressão de trabalho mínima (mca / kgf/cm ²)	5 mca para sistema de baixa pressão 40 mca para sistema de alta pressão
Material do corpo interno	Aço Inox AISI 304; 304L ou 316L; Cobre
Isolamento térmico	Poliuretano expandido
Acabamento Externo	Alumínio
Suporte / Pés	Auto portante, em alumínio ou aço carbono protegido contra corrosão, Termoplástico com aditivo anti-UV ou fibra sintética com alma de aço.
Período de garantia (anos)	5 (cinco)
Posição de trabalho	Horizontal / Vertical
Possuir selo Procel	Sim

Coletores Solares

Os coletores solares possuem a função de gerar calor promovendo o aquecimento da água em circulação no seu interior, fornecendo água quente a ser armazenada nos reservatórios térmicos (Tabela 2).

As características deste projeto requerem que a área coletora deverá ser projetada de forma a possuir uma produção média mensal mínima de 144 kWh/mês por reservatório térmico.

Tabelas 2: Coletores Solares - Características Técnicas

Produção mínima mensal média de Energia da área coletora por m ² (kWh/mês.m ²)	77,1
Pressão de trabalho mínima (mca - kgf/cm ²)	40 mca - 4 kgf/cm ²
Dimensões (m ²)	Entre 1,5 e 2,0 m ²
Classificação mínima do Inmetro	A
Categoria dada Inmetro	Banho
Material das Aletas	Cobre ou Alumínio
Material da cobertura	Vidro liso transparente
Espessura mínima da cobertura (mm)	3,0
Período de garantia (anos)	5 (cinco)
Possuir selo Procel	Sim

Sistema Complementar Elétrico

Geralmente, os sistemas de aquecimento solar contam com uma resistência de apoio, utilizada para manter a temperatura da água no reservatório, e que tem funcionamento intermitente ao longo do dia.

Dessa forma, o valor de demanda efetivamente retirada do horário de ponta se torna de difícil determinação, prejudicando a análise de RCB do projeto.

Visando contornar essa dificuldade, a EDP Bandeirante, juntamente com seus parceiros e fornecedores, vem desenvolvendo uma alternativa às resistências de apoio, chamado de Controlador de Potência e Tempo.

Esse sistema é baseado na instalação de um dispositivo eletrônico capaz de controlar a potência do chuveiro elétrico de acordo com a temperatura da água de entrada. Com esta abordagem elimina-se a resistência de apoio bem como o desperdício da água não aquecida que está em repouso nas tubulações entre o apartamento e o sistema solar no teto. Em um sistema convencional essa água é descartada até que a água aquecida chegue ao usuário. Com o controlador ela é aquecida pelo chuveiro e pode ser utilizada até que a água proveniente do sistema solar chegue ao chuveiro, reduzindo gradativamente a potência deste até seu desligamento total, conforme a temperatura da água de chegada.

Com relação à demanda retirada de ponta, o sistema de controle permite que se estabeleça uma potência máxima do chuveiro para este período, bem como duração máxima do banho, eliminando a incerteza inerente a outros sistemas de apoio e facilitando a contabilização, para fins de RCB, dos benefícios oriundos de redução de demanda (Tabela 3).

Tabela 3: Controlador de Potência e Tempo - Características Técnicas

Potência (kW)	0 – 7,5
Alimentação (volts)	220 – 230
Frequência de alimentação (Hz)	60
Sistema	Compatível com sistema DR – NBR 5410
Período de garantia (anos)	2 (dois)
Possuir fio terra	Sim
Proteção contra choques elétricos	Sim
Grau de Proteção mínimo	IP-54
Bitola de cabos de alimentação	6 mm ²
Ajuste automático de temperatura	38 - 42°



Figura 2: Dispositivo controlador instalado no chuveiro elétrico

A existência deste sistema de controle não elimina o controle mecânico de temperatura da água realizado pelo usuário. Para isto, são instalados, junto aos chuveiros, misturadores de água capazes de

misturar a água proveniente do sistema solar com a água fria proveniente da caixa d'água, permitindo ao usuário encontrar a temperatura de conforto segundo critério individual.

2.2 Orientação dos Hábitos de Consumo para o Uso Eficiente e Seguro da Energia - Detalhamento das ações realizadas

Para apresentação do projeto e visando aumentar a adesão dos moradores ao mesmo, uma série de atividades de abordagem e comunicação com as comunidades são necessárias.

No conjunto Cezar de Souza, da CDHU, as etapas de reuniões com líderes comunitários, reuniões com moradores, diagnóstico energético pesquisa social e de hábitos de consumo já foram realizadas (Figura 2), restando apenas, as ações de orientação e educação para o uso eficiente e seguro da energia.



Figura 3: Eventos na Comunidade Cezar de Souza em Mogi das Cruzes

A seguir têm-se, de forma reduzida, o plano de ações realizadas em cada uma dessas atividades.

Reunião com Líderes Comunitários objetivando:

- Apresentação do Projeto;
- Motivação pela implementação do Projeto;
- Estabelecimento de formas de cooperação e apoio para a satisfatória inserção dos profissionais do Projeto na comunidade.

Reunião com Moradores objetivando:

- Apresentação do Projeto;
- Motivação à adesão ao Projeto.

Diagnóstico Energético Detalhado em todas as unidades consumidoras:

- Verificação da carga instalada e das Características e Condições das Instalações. As informações referentes às instalações e carga instalada são apuradas por meio de entrevista e aplicação de questionário junto aos consumidores;
- Estimativa do histórico de consumo dos últimos 12 meses, mediante análise dos dados constantes das faturas de fornecimento. Para os casos com ligações novas, dados inexistentes ou em situação de clandestinidade, o consumo é estimado mediante o valor da carga instalada e aproximação de padrões com unidades similares;

Pesquisa Social e de Hábitos de Consumo:

A Pesquisa Social e de Hábitos de Consumo é realizada mediante aplicação de questionário específico em todas as unidades consumidoras, contendo, dentre outras, as seguintes informações:

- Quantidade de pessoas e respectivas faixas etárias na unidade consumidora;

- Renda Per Capta Declarada;
- Quantidade, Horário e Tempo Médio de Banho por Morador.

Ações de Orientação e Educação para o Uso Eficiente e Seguro da Energia

O plano de ações de orientação e educação para a mudança de hábitos de consumo prevê o desenvolvimento e aplicação de materiais de apoio, conteúdos e linguagem apropriados, em parte com base na metodologia desenvolvida pelo PROCEL/Eletróbrás – “Procel nas Escolas” – e outros materiais e conteúdos desenvolvidos especialmente para o projeto.

3. Medição e Verificação dos Resultados

Para aferição dos resultados efetivamente alcançados, será utilizada a metodologia do Tipo C. – que abrange toda a instalação, de acordo com as diretrizes do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Volume 1, abril de 2007, EVO 10000-1:2007 (Br) – (EVO, 2010).

A opção C inclui o uso dos medidores da concessionária onde é possível avaliar o desempenho de energia de toda a unidade consumidora mediante análise de suas faturas mensais e conhecimento da carga da unidade consumidora.

Esta opção se justifica naturalmente pela grande quantidade de UCs afetadas pelo projeto e também pelo fato de a quase totalidade destas UCs possuírem medição.

As medições são realizadas de forma amostral segundo critérios estabelecidos pela norma NBR 5426 com regime de inspeção severa nível I.

4. Aplicação ao conjunto Cezar de Souza - CDHU

Visando atingir a meta de 4.800 unidades consumidoras, até 2012, conforme convênio entre a EDP Bandeirante e a Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo - CDHU, foi escolhido, como projeto piloto desta iniciativa, o Conjunto Habitacional Cesar de Souza em Mogi das Cruzes/SP, com 1680 unidades e investimentos previstos no montante de R\$8.963.301,00 (Oito Milhões, Novecentos e Sessenta e Três mil, Trezentos e Hum Reais) investidos a fundo perdido pela Bandeirante.

Atualmente o projeto se encontra em pleno desenvolvimento, sendo que as primeiras unidades devem ser inauguradas ainda no primeiro semestre de 2010 (Figura 3).





Figura 4: Instalações no Conjunto Cezar de Souza em Mogi das Cruzes

Os resultados parciais do projeto, bem como a solução de problemas durante a execução do mesmo, permitem afirmar que a solução proposta é técnica e economicamente viável, podendo ser replicada em outras localidades.

5. Conclusões

O projeto de eficiência energética apresentado neste artigo é resultado do aprimoramento de experiências anteriores da EDP Bandeirante Energia em ações envolvendo consumidores de baixa renda e substituição de chuveiros elétricos por aquecimento solar.

Tais experiências permitiram o desenvolvimento da proposta de efficientização apresentada neste trabalho, que agrega a soluções reconhecidamente consolidadas e de mercado, uma nova abordagem, de forma a permitir que os projetos dessa natureza possam atender aos critérios de viabilidade que a ANEEL estabelece como necessários à inserção do projeto no Programa de Eficiência Energética das Concessionárias.

A solução apresentada permite que o projeto se aproprie de reduções de demanda que, nos casos de projetos convencionais, ocorrem de forma intermitente e em momentos de difícil determinação.

Tais ganhos superam os custos adicionais da solução com controlador e viabilizam, com resultados expressivos, a execução do projeto.

Espera-se que, com a finalização das ações nas 1.680 unidades consumidoras de baixo poder aquisitivo Conjunto Habitacional Cesar de Souza, localizado em Mogi das Cruzes, seja evitado um consumo de energia elétrica em torno de 877 MWh/ano e retirada da ponta uma demanda de 3.076 kW, com RCB total de 0,68.

Podem-se também apontar como benefícios:

Para as Unidades Consumidoras, uma redução no valor da conta mensal de energia elétrica, podendo destinar um valor maior de recursos em na melhoria das condições de infra-estrutura, obtendo uma melhoria nas condições da população;

Para a Concessionária, a postergação de investimentos relacionados à expansão do sistema elétrico e/ou a necessidade de aquisição de menores quantidades de energia de outras concessionárias do sistema elétrico;

Para o sistema Elétrico, uma redução de demanda no horário de ponta e no consumo de energia elétrica, bem como a evolução de novas tecnologias no país, dada pela geração de um novo mercado para a tecnologia de ponta no segmento de energia solar.

6. Referências bibliográficas

EVO – Efficiency Valuation Organisation - Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Volume 1, abril de 2007, EVO 10000-1:2007 (Br) in http://www.evo-world.org/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=279&lang=pt, acesso em Abril de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Norma ABNT NBR 5426, in www.abnt.org.br, acesso em jan de 2009.

ANEEL - Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética, www.aneel.gov.br, acesso em Abril de 2010, 2010;