

Um Estudo de Análise Técnico-Econômica do Uso de Aquecedores Solares para Aquecimento de Água no Setor Residencial da Região Sudeste do Brasil

Glaucio Vinicius Ramalho Faria

PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO ELETRICISTA.

Aprovado por:

Prof. Jorge Luiz do Nascimento, Dr. Eng.
(Orientador)

Prof. Claude Adélia Moema Jeanne Cohen, D. Sc.
(Orientadora)

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

DEZEMBRO DE 2007

FARIA, GLAUCIO VINICIUS RAMALHO

Um Estudo de Análise Técnico-econômica do Uso de Aquecedores Solares para Aquecimento de Água no Setor Residencial da Região Sudeste do Brasil [Rio de Janeiro] 2007

IV, 90 p., 29,7 cm (UFRJ, Engenharia Elétrica, 2007)

Projeto Final de Graduação - Universidade Federal do Rio de Janeiro

1. Eficiência Energética, 2. Aquecedor Solar, 3. Energia Solar, 4. Chuveiro Elétrico, 5. Consumo de Eletricidade

I. UFRJ II. Título (série)

*Dedicado aos meus pais.
Chegar até aqui só foi possível graças a Deus no Céu
e a eles na Terra.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me mostrou que os caminhos mais curtos nem sempre são os corretos.

Aos meus pais, Jeronimo e Vera, à minha avó Amélia e irmã Fabiana, que acompanharam de perto esta difícil trajetória, dando todo o incentivo e apoio incondicional.

À Roberta de Santana Lima, pelo amor, pelas lições de perseverança, pelos abraços e por compartilhar as vitórias e derrotas, sempre sabendo o que dizer nos momentos certos.

A Gilson Santos Jr., pelas incontáveis horas de estudo e por ser um amigo-irmão em todos os momentos e para o resto da vida.

A todos os amigos da UFRJ, especialmente Fábio Gurgel, Marcos Farinha, Luis Eduardo Mouta, Marilu Silva, Gisele Ezechiello, Gilvan Junior, Rafael Cruz, Luciana Abreu, Clewerton Davala Braga e Bruno Xavier, pelos ótimos momentos vividos durante a graduação.

Ao professor Jorge Luiz do Nascimento, pela orientação e ajuda imediata nas emergências do último período da graduação.

À professora Claude Cohen, pela orientação, confiança e incentivo neste trabalho e nas pesquisas no Programa de Planejamento Energético.

À Anna Cecília J. Aguiar e Mônica Chagas, pela imensa ajuda durante e, principalmente, na finalização deste trabalho.

A todos os amigos e professores do Programa de Planejamento Energético, especialmente Roberto Schaeffer, Alexandre Szklo e Giovani Machado, pela confiança em meu trabalho.

À Cláudia Maria Gondim por todas as (muitas) cópias deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, ajudaram nesta caminhada, a minha eterna gratidão.

RESUMO

Este trabalho faz uma análise da viabilidade técnico-econômica para a implementação de aquecedores solares, no setor residencial, na região Sudeste do Brasil. Baseando-se em ampla pesquisa de campo, realizada em 2005, onde foram obtidos dados de hábitos de uso e posse de chuveiros elétricos, foram calculados os consumos médios de eletricidade para aquecimento de água, por domicílio e faixa de renda familiar. Com isso, projetou-se um cenário de redução do consumo, até o ano de 2030, com base nas tendências atuais do mercado de aquecedores solares no Brasil. A partir de variáveis, como custos dos aquecedores solares e economia anual de eletricidade, foram determinados os períodos médios de retorno de possíveis investimentos em aquecimento solar em cada faixa de renda familiar. Assim, projetou-se um segundo cenário, onde se estima um potencial máximo de redução de consumo, identificando as principais barreiras que impedem a implementação abrangente de aquecedores solares na região Sudeste e sugerindo medidas para que parte deste potencial seja alcançado.

ABSTRACT

This work carries out a technical and economical analysis of the installation of residential solar panels in Brazil's South-East region. Based on a large amount of field data collected in 2005 – which showed owning and usage of electric showers –, the mean electric energy consumption to heat water (per home or per family income) is calculated. A scenario where this consumption is reduced is drawn until the year of 2030, based on current Brazilian home-heaters market trends. Mean return periods of the investments in solar heaters are also obtained, using variables such as the cost of solar heaters and the annual electric energy reduction, for each family income. A second scenario is then drawn, where a maximum potential of consumption reduction is estimated. The main obstacles to a wide installation of solar heaters in the South-East region are identified, and actions to reach at least some of this potential are suggested.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
1 O CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA	3
1.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA ...7	
1.1.1 Controle de Equipamentos de Uso Final.....	10
1.1.2 Controle de Equipamentos da Empresa de Energia Elétrica	11
1.1.3 Armazenamento de Energia	12
1.1.4 Tarifas Incentivadas	12
1.1.5 Geração Distribuída	12
1.1.6 Promoção Junto aos Consumidores.....	13
1.1.7 Melhoria de Eficiência de Equipamentos e Sistemas.....	13
1.2 BARREIRAS PARA A INTRODUÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	14
1.2.1 Falta de Informação	14
1.2.2 Falta de Capital ou Financiamento.....	14
1.2.3 Infra-estrutura Limitada	14
1.2.4 Tarifas e Preços de Eletricidade.....	15
1.2.5 Obstáculos Políticos.....	15
1.3 O PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS (PIR)	15
2 A PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO SUDESTE.....	17
2.1 O MODELO DE USOS-FINAIS	18
2.2 A DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO SUDESTE EM 2005	19
3 A ENERGIA SOLAR.....	31
3.1 A ENERGIA SOLAR NO BRASIL.....	32
3.2 O SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR RESIDENCIAL	34
3.2.1 Coletor Solar	34
3.2.2 Reservatório Térmico.....	36
3.2.3 Dimensionamento do Sistema de Aquecimento Solar	36
A. Posicionamento	36
B. Fração Solar.....	37
4 O AQUECIMENTO SOLAR NA REGIÃO SUDESTE	41
4.1 TEMPERATURA AMBIENTE E RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE	41
4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	44
4.3 O MERCADO DE AQUECEDORES SOLARES	45
4.3.1 Projeção de Demanda de Eletricidade e Energia Conservada.....	46
4.4 O CUSTO DOS AQUECEDORES SOLARES E O PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO.....	49
4.5 POTENCIAL TÉCNICO DE REDUÇÃO DO CONSUMO	55
4.5.1 Barreiras Que Inviabilizam o Potencial Técnico de Redução do Consumo.....	58
CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
ANEXO I QUESTIONÁRIO	65
ANEXO II METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA DE DOMICÍLIOS.....	84
ANEXO III FRAÇÕES SOLARES MÉDIAS MENSAIS.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Consumo de Eletricidade no Brasil.....	3
Figura 1.2 – Participação dos Setores no Consumo Total de Eletricidade no Brasil em 2006.....	4
Figura 1.3 – Consumo de Eletricidade no Setor Residencial Brasileiro.....	5
Figura 1.4 – Efeitos do GLD na Curva de Carga	8
Figura 2.1 – Participação dos Usos Finais no Consumo Residencial da Região Sudeste em 2005.....	20
Figura 2.2 – Participações das Regiões no Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água em 2005.....	24
Figura 2.3 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Até 1 Salário Mínimo em 2005	26
Figura 2.4 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 1 a 2 Salários Mínimos em 2005	27
Figura 2.5 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 2 a 3 Salários Mínimos em 2005	27
Figura 2.6 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 3 a 5 Salários Mínimos em 2005	27
Figura 2.7 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 5 a 10 Salários Mínimos em 2005.....	28
Figura 2.8 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 10 a 20 Salários Mínimos em 2005.....	28
Figura 2.9 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 20 Salários Mínimos em 2005	28
Figura 2.10 – Curva de Carga Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico na Região Sudeste em 2005	30
Figura 3.1 – Movimento de Translação da Terra	31
Figura 3.2 – Potencial de Utilização de Energia Solar	32
Figura 3.3 – Sistema de Aquecimento Solar Residencial Típico.....	34
Figura 3.4 – Coletor Solar Plano Convencional	35
Figura 3.5 – Distâncias Recomendadas na Instalação	37
Figura 4.1 – Temperaturas Ambiente Médias nos Estados da Região Sudeste	42
Figura 4.2 – Incidência Média de Radiação Solar no Plano Horizontal nos Estados da Região Sudeste.....	43
Figura 4.3 – Incidência Média de Radiação Solar no Plano Inclinado nos Estados da Região Sudeste.....	43
Figura 4.4 – Incidência Média de Radiação Solar na Região Sudeste.....	44

Figura 4.5 - Curva de Carga Devido ao Aquecimento de Água em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 10 Salários Mínimos.....	47
Figura 4.6 – Projeção do Consumo de Eletricidade Devido ao Aquecimento de Água na Região Sudeste	48
Figura 4.7 – Curva de Carga Devido ao Aquecimento de Água na Região Sudeste	48
Figura 4.8 – Potencial de Redução Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água a Partir de 2008	56
Figura 4.9 – Curva de Carga para Aquecimento de Água em 2008	57
Figura 4.10 – Curva de Carga para Aquecimento de Água, por Faixa de Renda Familiar, em 2008	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 – Estrutura da Oferta de Energia Elétrica em 2006	6
Tabela 1.2 – Classificação dos Programas de Eficiência Energética e GLD.....	10
Tabela 2.1 – Classificação Setor Residencial da Região Sudeste por Faixas de Consumo	20
Tabela 2.2 – Composição dos Subsetores da Região Sudeste de Acordo com a Renda Familiar em 2005.....	21
Tabela 2.3 – Consumo Médio Faturado e Renda Média dos Subsetores da Região Sudeste em 2005.....	22
Tabela 2.4 – Consumo Médio e Posse Média de Equipamentos Utilizados para os Usos Finais em uma Residência Média da Região Sudeste em 2005	23
Tabela 2.5 – Distribuição dos Domicílios e Posse Média de Chuveiros Elétricos por Região do Brasil em 2005	23
Tabela 2.6 – Potência Média dos Chuveiros Elétricos da Região Sudeste em 2005	24
Tabela 2.7 – Consumo Médio dos Chuveiros Elétricos por Faixa de Renda Familiar em 2005	26
Tabela 2.8 – Demanda de Eletricidade Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico na Região Sudeste em 2005.....	29
Tabela 3.1 – Radiação Solar Média Diária Incidente	33
Tabela 4.1 – Projeção de Domicílios na Região Sudeste até 2030.....	45
Tabela 4.2 – Domicílios com Aquecedores Solares no Brasil em 2005	46
Tabela 4.3 – Energia Conservada e Redução de Potência no Horário de Ponta Devido à Instalação de Aquecedores Solares	47
Tabela 4.4 – Custo dos Aquecedores Solares.....	49
Tabela 4.5 – Frações Solares Médias Anuais	50
Tabela 4.6 – Consumo e Custo Médio Anual de Eletricidade por Domicílio, Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico, na Região Sudeste.....	51
Tabela 4.7 – Consumo e Custo Médio Anual de Eletricidade Evitado por Domicílio na Região Sudeste.....	52
Tabela 4.8 – Período Médio de Retorno do Investimento Desconsiderando Taxa de Juros e Variação no Valor da Tarifa de Eletricidade	52
Tabela 4.9 – Período Médio de Retorno do Investimento para o Sistema Mais Eficiente Considerando Aumento no Valor da Tarifa de Eletricidade	54
Tabela 4.10 – Período Médio de Retorno do Investimento para o Sistema Mais Eficiente Considerando Taxas de Juros e Aumento no Valor da Tarifa de Eletricidade.....	55
Tabela 4.11 – Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água, por Faixa de Renda Familiar	57

INTRODUÇÃO

O setor residencial brasileiro, que, em 2006, consumiu cerca de 20% do total de eletricidade no país, tem o chuveiro elétrico como o principal equipamento para aquecimento de água para banho. A alta potência deste equipamento e o seu uso, na maioria dos domicílios, no horário de ponta do sistema elétrico, trazem a necessidade de investimentos para garantir o fornecimento e, ao mesmo tempo, para que se busquem alternativas para reduzir a sua importância no consumo de eletricidade. Uma destas alternativas é o aquecedor solar de água, que tem a mesma finalidade do chuveiro elétrico, mas utiliza fonte gratuita e praticamente inesgotável de energia: o sol.

Neste trabalho, buscou-se analisar a viabilidade de aquecedores solares em domicílios da região Sudeste do Brasil, considerando o retorno financeiro, exclusivamente, para o usuário final, no caso de aquisição de equipamentos atualmente disponíveis no mercado. Não se trata, portanto, de uma análise de viabilidade extensiva que considere hipóteses de incentivo por parte do setor público e/ou por parte das concessionárias de energia elétrica. Escolheu-se a região Sudeste, pois, além desta possuir o maior número de domicílios, representa o consumo de cerca de 60% do total de eletricidade destinado ao aquecimento de água no país.

A estrutura do trabalho está dividida em 4 capítulos. O capítulo 1 apresenta um panorama do consumo de eletricidade no Brasil, especialmente no setor residencial. Neste capítulo também são apresentados os principais impactos causados por investimentos em geração de eletricidade, através de fontes convencionais de energia, e os programas de eficiência energética e gerenciamento pelo lado da demanda, usualmente, aplicados, visando a diminuir o consumo de eletricidade e, conseqüentemente, esses impactos.

No capítulo 2, é feita uma projeção de demanda de eletricidade no setor residencial da região Sudeste, baseada em ampla pesquisa de campo, realizada em 2005, onde identificam-se os principais usos finais de eletricidade, destacando o aquecimento de água como o mais represen-

tativo do setor. Assim, projeta-se a demanda de eletricidade para aquecimento de água, por domicílio médio e faixa de renda familiar no ano de 2005.

Em seguida, no capítulo 3, são apresentados os benefícios decorrentes do uso da energia solar para o aquecimento de água e as características de um sistema de aquecimento solar residencial. Também são apresentados o conceito de fração solar e as condições necessárias para que um sistema de aquecimento solar seja o mais eficiente possível.

O capítulo 4 mostra os potenciais de radiação solar incidente na região Sudeste e é apresentado um cenário de redução de consumo de eletricidade para aquecimento de água até o ano de 2030, considerando-se o aumento do número de residências com aquecedores solares de acordo com as condições atuais do mercado. Em seguida, analisam-se diversas configurações de sistemas de aquecimento solar e suas respectivas frações solares médias, por faixa de renda familiar, onde se obtém o período médio de retorno do investimento de cada um dos sistemas. Assim, a partir do sistema de aquecimento que apresenta a melhor relação entre custos e economia de energia, projeta-se um cenário técnico, onde, supondo-se que todos os domicílios da região Sudeste possuíssem este sistema, mostra-se o impacto causado na curva de carga.

Finalmente, apresentam-se sugestões para que os sistemas de aquecimento solar sejam amplamente difundidos na região Sudeste do Brasil, visando a alcançar parte do potencial técnico apresentado, adiando investimentos no lado da oferta de energia e, conseqüentemente, reduzindo impactos ambientais e sociais com a geração de energia elétrica.

O CONSUMO EFICIENTE DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo de energia de um país está diretamente atrelado ao seu desenvolvimento econômico e social. Nos países emergentes como o Brasil, a energia, especialmente a eletricidade, tem importância estratégica para a continuidade e aumento do crescimento econômico. Assim, o aumento da urbanização e industrialização segue padrões intensivos em energia, e o aumento dos bens materiais da população resulta em maiores demandas por serviços que consomem energia (Jannuzzi, 1997).

O consumo final de eletricidade no Brasil, representado na Figura 1.1, atingiu 390,0 TWh em 2006. Isto representou um aumento de 3,7% em relação ao ano anterior, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2007).

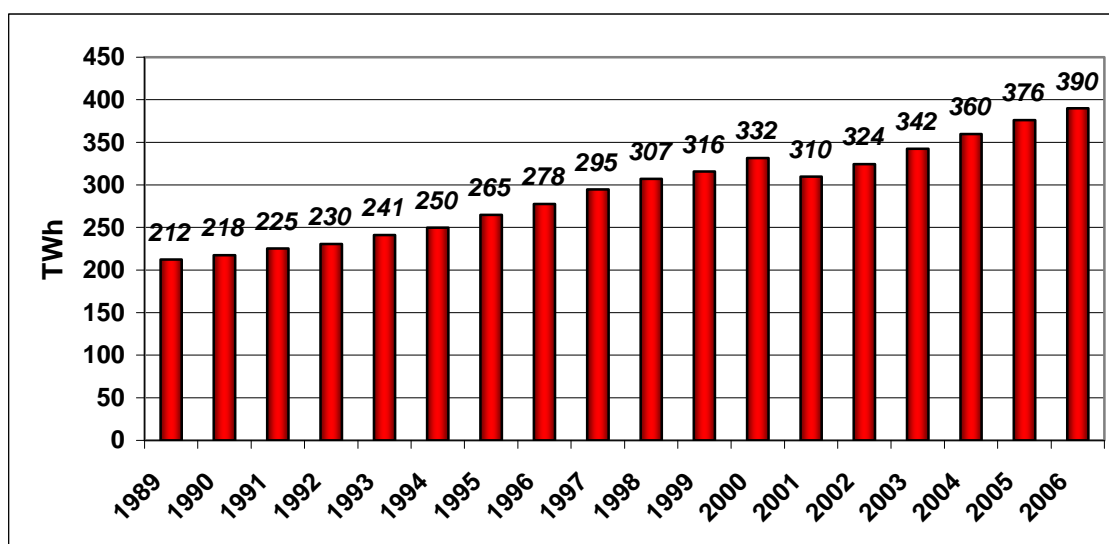


Figura 1.1 – Consumo de Eletricidade no Brasil

Fonte: Elaboração própria a partir de BEN (2004) e EPE (2007)

Dentro deste contexto, o setor industrial representou 46% da demanda, seguido pelo setor residencial, que consumiu 22% do total. O setor comercial respondeu por 17% do consumo, enquanto os demais setores¹³ somados demandaram 15% do consumo total (Figura 1.2).

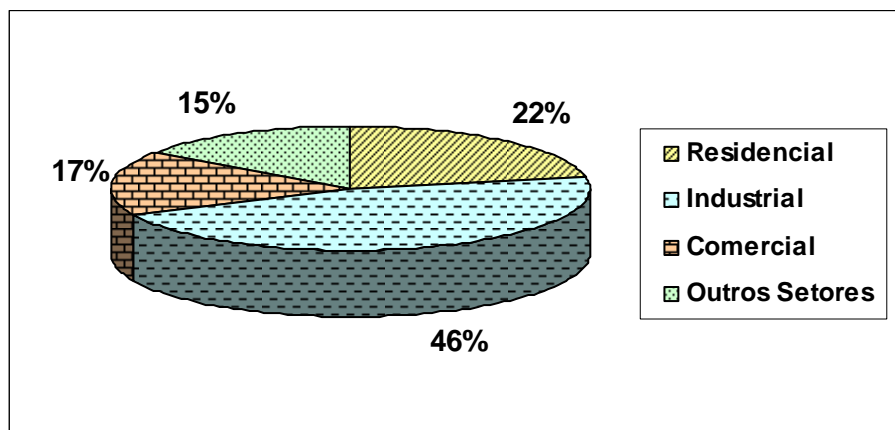


Figura 1.2 – Participação dos Setores no Consumo Total de Eletricidade no Brasil em 2006

Fonte: Elaboração própria a partir de BEN (2004) e EPE (2007)

O consumo de eletricidade do setor residencial brasileiro, com uma taxa média de crescimento de 5,5% ao ano, aumentou de 20,6% para 25,2% (de 1989 a 2000) a sua participação no consumo total de eletricidade no Brasil. Este crescimento foi interrompido pela crise de energia, que ocorreu em 2001, e foi uma consequência do aumento da demanda de energia em todos os setores somado às restrições de investimentos em geração e transmissão.

Assim, os consumidores residenciais das regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste¹⁴ tiveram que reduzir o consumo de eletricidade em 20%. Na Figura 1.3, que mostra a evolução do consumo de eletricidade no setor residencial, a queda verificada nos anos de 2001 e 2002 é decorrente das restrições impostas pelo racionamento de energia elétrica, que vigorou de 1º de junho de 2001 a 28 de fevereiro de 2002. Com o fim do racionamento, a demanda por eletricidade no setor residencial retomou o seu crescimento embora lentamente, superando, apenas em 2006, o patamar máximo de consumo atingido no ano 2000.

¹³ Setores Público, Agropecuário e de Transportes.

¹⁴ Não houve racionamento nas regiões Norte e Nordeste.

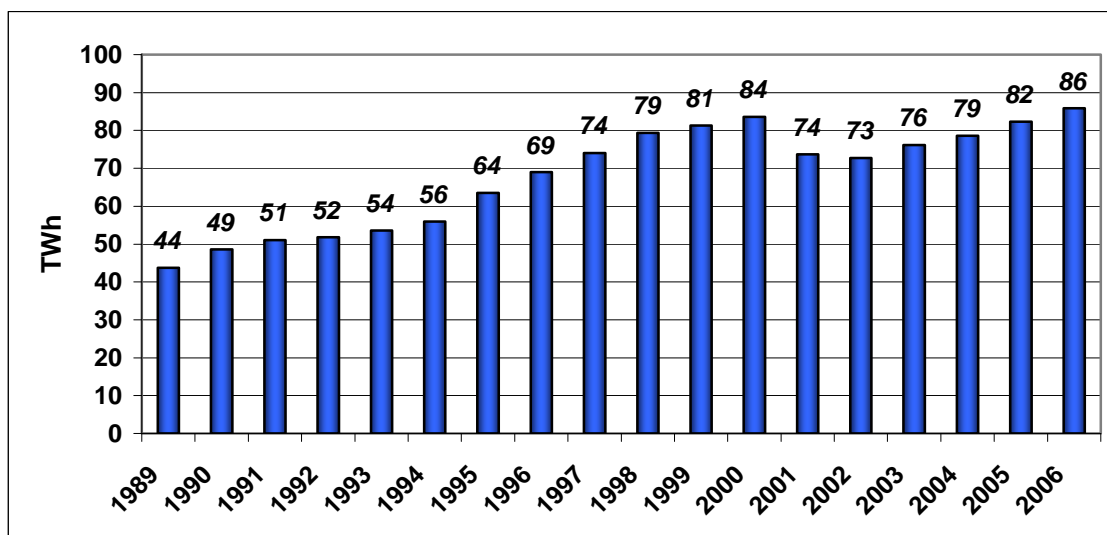


Figura 1.3 – Consumo de Eletricidade no Setor Residencial Brasileiro

Fonte: Elaboração própria a partir de BEN (2004) e EPE (2007).

Com o crescimento contínuo do consumo, os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica devem estar capacitados para suprirem a demanda, principalmente no período crítico (horário de ponta). Para isto, empresas do setor e governo investem na expansão do sistema elétrico, a fim de evitar a sua saturação e possíveis interrupções no fornecimento. Contudo, novos empreendimentos, principalmente os de grande porte, podem se deparar com barreiras que encareçam, dificultem ou até mesmo inviabilizem suas implementações.

No caso de novas usinas hidrelétricas, por exemplo, em virtude da hidroeletricidade ser a principal fonte geradora de energia elétrica do Brasil (Tabela 1.1), os maiores potenciais de geração remanescentes estão localizados em regiões distantes dos principais centros consumidores (ANEEL, 2005), o que demanda maiores investimentos em linhas de transmissão para que a energia elétrica chegue ao consumidor final. Mesmo sendo uma fonte renovável de energia, a implementação de uma usina hidrelétrica causa grandes impactos ambientais e sociais, como alagamento de áreas cultiváveis ou de florestas, emissão de gases devido à decomposição da biomassa submersa, desapropriações, possíveis alterações no curso natural do rio, interrupção do fluxo migratório de peixes, entre outros. Por fim, deve-se considerar também o longo tempo de construção deste empreendimento, que é de quatro anos para usinas de médio porte e sete anos para as de grande porte (PPE/COPPE/UFRJ, 2003).

Tabela 1.1 – Estrutura da Oferta de Energia Elétrica em 2006

Fonte	%
Hidráulica	75,8
Nuclear	3,0
Gás Natural	4,0
Carvão	1,6
Derivados do Petróleo	2,6
Biomassa	4,2
Eólica	0,1
Importação	8,7

Nota: Inclui autoprodução de energia elétrica

Fonte: Elaboração própria a partir de EPE (2007).

Já as usinas termelétricas (a carvão, óleo ou gás natural) proporcionam menores riscos e impactos em sua construção, mas por outro lado, durante a operação, queimam combustíveis que emitem gases que pioram a qualidade do ar e contribuem para o efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂). No caso de usinas a carvão e óleo, também há emissão de particulados, monóxido de carbono (CO), além de óxidos de enxofre (SO_x) e nitrogênio (NO_x), que em contato com a atmosfera podem ocasionar chuvas ácidas. Para as termonucleares, consideradas por muitos como fonte de energia totalmente limpa, ainda não foi encontrada uma solução satisfatória para a questão dos resíduos radioativos resultantes da operação desta fonte. Além disso, apesar dos altos níveis de segurança, existe a possibilidade de acidentes radioativos com conseqüências graves.

Uma alternativa para a postergação ou redução de investimentos em geração de energia elétrica por meio das fontes citadas, dados o alto custo de construção e impactos ambientais causados, é a implementação de soluções em eficiência energética e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), visando a reduzir o consumo de eletricidade e a demanda no horário de ponta, através da intervenção de agentes governamentais e das concessionárias de energia elétrica perante os consumidores (Delgado, 1985).

Investir em tecnologia eficiente exige maiores gastos de capital, pois equipamentos eficientes são geralmente mais caros do que as tecnologias que eles substituem, porém, o custo de conservar 1 kWh é, geralmente, mais barato do que a sua produção. Além disso, a indivisibilidade dos investimentos em produção de energia pode ser uma desvantagem para países como o Brasil, que necessitam de empréstimos e pagam juros durante vários anos antes de obter retorno do investimento. Já investimentos em eficiência energética tendem a ser incrementais e modulares, com tempo de retorno mais atraente. É provável que a implementação de medidas de eficiência

represente economia de energia e de recursos que amortizarão seus custos em um prazo menor do que o de construção de uma unidade produtora de energia elétrica (Jannuzzi, 1997).

As intervenções junto aos consumidores são organizadas sob a forma de programas, quando se admite que os mecanismos de mercado ainda não são suficientes para que níveis desejáveis de eficiência energética sejam atingidos. Os programas intervêm no mercado consumidor com a finalidade de introduzir tecnologias e medidas que promovam o uso eficiente de energia elétrica, reduzindo a demanda e a curva de carga do usuário final em troca de vantagens financeiras (Jannuzzi, 1997). Para melhor compreensão da finalidade e da abrangência dos programas de eficiência energética e gerenciamento pelo lado da demanda, são apresentados a seguir os tipos de programas, usualmente, aplicados e suas diversas variações.

1.1 PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GERENCIAMENTO PELO LADO DA DEMANDA

Os programas de eficiência energética e gerenciamento pelo lado da demanda (GLD) surgiram nos Estados Unidos, na década de 70, devido à crise do petróleo, tendo como finalidade otimizar o consumo e combater perdas no setor elétrico. Atualmente, contam também com forte apelo ambiental, a fim de se evitarem impactos nos ecossistemas e emissões de gases que contribuam para o aquecimento global (Delgado, 1985).

Segundo Gellings (1985), o GLD, também conhecido como DSM (Demand-Side Management), consiste no planejamento, implementação e monitoramento, por parte da concessionária de energia elétrica, de medidas que influenciem o consumo de eletricidade, resultando em alterações no padrão do seu uso final, a fim de atingir objetivos que atendam às suas necessidades e às dos consumidores. Os programas de eficiência energética consistem em ações implementadas por outros agentes que não as concessionárias de energia elétrica.

Para a concessionária de energia, é mais conveniente abordar o GLD em termos de ajuste da curva de carga do consumidor, que é a representação gráfica do consumo diário de eletricidade. Neste âmbito, seis tipos de ajustes podem ser definidos: redução do pico, preenchimento de vales, deslocamento da carga, conservação estratégica, crescimento estratégico da carga e curva de carga flexível (Campo, 2006). A Figura 1.4 representa graficamente estas possibilidades.

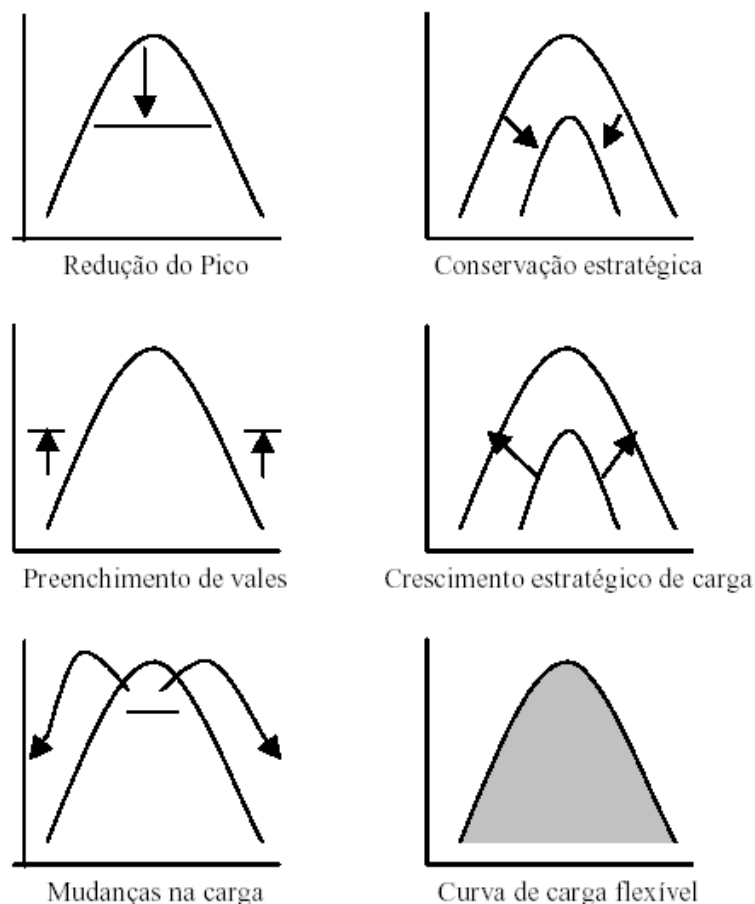


Figura 1.4 – Efeitos do GLD na Curva de Carga

Fonte: Campos (2006)

A *redução do pico* é uma das formas clássicas de gerenciamento de carga. Consiste no controle da carga nos horários críticos do sistema elétrico e é mais comumente utilizada como uma ferramenta da concessionária de energia para controlar, local ou remotamente, determinado equipamento do consumidor em troca de vantagens financeiras. Muitas concessionárias consideraram o uso desta medida apenas em períodos extremamente críticos de pico no sistema, mas sua utilização com maior frequência reduz o custo operacional de fornecimento de energia elétrica.

O *preenchimento de vales* é a segunda forma clássica de gerenciamento da carga. Abrange qualquer incentivo ao consumo fora do horário de pico do sistema e isto pode ser interessante nos períodos do ano em que o custo marginal supera o custo médio de eletricidade.

O *deslocamento da carga* é a última forma de gerenciamento da carga. Envolve incentivos para que o consumo nos horários de ponta seja modificado para horários fora de ponta. Uma medida deste tipo relevante para o Brasil é limitar o uso do chuveiro elétrico nos horários críticos em troca de tarifas mais baixas para os consumidores participantes.

A *conservação estratégica* é a alteração e diminuição da magnitude da curva de carga resultante de programas de estímulo à troca de equipamentos de uso final por modelos mais novos e eficientes. Isto causa uma queda no consumo de eletricidade causando perda de receitas por parte da concessionária de energia. Portanto, na implementação desse tipo de programa, a concessionária de energia deve considerar que a substituição ocorreria naturalmente, e, então, avaliar as possibilidades custo-efetivas para estimulá-las. No caso do Brasil, a perda de receita pode ser compensada com a redução de furtos de energia elétrica e de inadimplência por parte dos consumidores.

O *crescimento estratégico da carga* é o aumento da magnitude da curva de carga devido ao aumento da venda de energia, incentivado pela concessionária, além do preenchimento de vales descrito anteriormente. O crescimento da carga ocorre através da substituição de outras fontes de energia por eletricidade.

O conceito de *curva de carga flexível* está relacionado à confiabilidade do serviço prestado. A curva de carga pode ser flexível, se forem oferecidas opções de serviço que podem ser escolhidas e trocadas em qualquer ocasião, de acordo com a melhor relação custo-benefício para o consumidor. Este programa pode envolver carga interruptível, sistemas de gerenciamento integrado da carga ou dispositivos de controle individual de equipamentos.

O maior problema dos Programas de Eficiência Energética e de GLD é a grande quantidade de opções existentes e, conseqüentemente, a dificuldade de se avaliar qual o melhor programa a ser implementado (Delgado, 1985).

A Tabela 1.2 apresenta diferentes exemplos de categorias destes programas. Dentro de cada classificação estão os projetos específicos que são desenvolvidos e implementados de acordo com as necessidades das concessionárias e consumidores. A grande variedade de alternativas deve-se ao fato de muitas concessionárias criarem programas para atender suas necessidades específicas. Isto resulta em diversos projetos que podem ser classificados em um tipo genérico, mas cada um com características únicas. Por exemplo, existem diferentes formas de se controlar o funcionamento de condicionadores de ar residenciais. Isto pode ser feito remotamente, através de um meio de comunicação adequado, ou localmente, por meio de sensor de temperatura ou dispositivo limitador de carga. O ciclo de funcionamento a ser planejado depende das condições do ambiente, condições de instalação, hábitos de uso do consumidor e necessidades da concessionária de energia.

Tabela 1.2 – Classificação dos Programas de Eficiência Energética e GLD

Programa	Especificação
Controle de Equipamentos de Uso Final	Temporizador (local ou remoto) Limitador de corrente Controlador cíclico (local ou remoto) Termostato Seletor de circuitos Controlador de demanda
Controle de Equipamentos da Empresa de Energia Elétrica	Redução da tensão Controle do alimentador Controle do fator de potência
Armazenamento de Energia	Armazenamento de gelo Armazenamento de água quente Utilização de calor residual
Tarifas Incentivadas	Diferenciada no tempo Interruptível Uso final Contratos de controle de carga Demanda Descontos e Incentivos
Geração Distribuída	Eólica Solar - Térmica Solar - Voltaica Células combustível Geradores em espera Cogeração Pequena Central Hidrelétrica (PCH)
Promoção Junto aos Consumidores	Ações de Marketing Seminários Literatura Informativa
Melhoria de Eficiência de Equipamentos e Sistemas	Equipamentos de alta eficiência Processos de fabricação Otimização

Fonte: Elaboração própria a partir de Delgado (1985).

1.1.1 CONTROLE DE EQUIPAMENTOS DE USO FINAL

Esta é uma das áreas onde ocorre grande desenvolvimento tecnológico. Apesar de possuir cargas menores, o setor residencial é o que possui maior aplicabilidade para este tipo de programa. Uma das razões é por ser o setor com o maior número de clientes para a maioria das concessionárias.

Os principais sistemas utilizados no controle de equipamentos de uso final, segundo Gellings e Chamberlin (1993), são os seguintes:

- **Temporizador:** Este sistema desliga ou impede que um equipamento seja ligado em de-

terminado horário ou por um período de tempo estipulado. Pode ser utilizado, por exemplo, para impedir que o chuveiro elétrico seja utilizado no horário de pico.

- **Limitador de corrente:** Limita a demanda máxima do consumidor melhorando, de maneira direta, o fator de carga. É bastante utilizado no norte da Europa, principalmente para pequenos consumidores residenciais e comerciais. No Brasil, a CEMIG desenvolveu um programa de GLD, no sul de Minas Gerais, que promove a instalação de limitadores de corrente em consumidores residenciais¹⁵.
- **Controlador cíclico:** Sistema que controla o funcionamento de um equipamento, durante um intervalo de tempo, mantendo-o ligado ou desligado durante frações previamente definidas.
- **Termostato:** Este sistema é composto de um termostato ligado a um controle que liga ou desliga o equipamento quando uma determinada temperatura é atingida. Definem-se temperaturas máxima e mínima, que podem ser ajustadas ao longo de um dia ou estação do ano.
- **Seletor de circuitos:** Uma chave eletromecânica impede que determinados equipamentos sejam utilizados ao mesmo tempo. São definidas relações de prioridade entre os equipamentos. Desta forma, um equipamento de menor prioridade não pode ser acionado quando outro de maior prioridade estiver em uso, assim como é desligado automaticamente, se um equipamento de maior prioridade é acionado. Este sistema ainda é pouco utilizado, podendo ser estimulado através de vantagens na tarifa do consumidor.
- **Controlador de demanda:** Sistema baseado em microprocessadores que gerenciam a demanda do consumidor. É utilizado, principalmente, por grandes consumidores, pois ainda possui alto custo de implementação. São definidas potências máximas permitidas em cada horário e, quando atingidas, alguns equipamentos têm sua potência reduzida ou são desligados. Após a normalização da potência do sistema, os equipamentos são religados, ou têm a sua potência normalizada automaticamente.

1.1.2 CONTROLE DE EQUIPAMENTOS DA EMPRESA DE ENERGIA ELÉTRICA

Na maioria dos casos em que se pensa em programas de GLD, imagina-se a implementação em termos de controle de equipamentos do consumidor final, mas também existe a possibili-

¹⁵ Ver Campos (2006).

dade de se controlar equipamentos da própria empresa de energia. Dentre as possibilidades estão a redução da tensão, o controle do alimentador e o controle do fator de potência. Cabe ressaltar, entretanto, que estas alternativas geram certo grau de controvérsias. A redução da tensão, por exemplo, é descartada por diversas concessionárias com o argumento de afetar a qualidade do serviço prestado, ainda que tenha sido implementada com sucesso por algumas empresas de energia (Delgado, 1985).

1.1.3 ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

Uma das primeiras técnicas desenvolvidas para conservação de energia e gerenciamento da carga foi a de armazenamento de energia térmica. Consiste em utilizar equipamentos fora do horário de pico para gerar energia e armazená-la sob a forma de calor com o intuito de reduzir a demanda no horário de ponta (Delgado, 1985).

O boiler elétrico, por exemplo, através de um resistor de média potência, aquece água em um reservatório, ao longo do dia, para que o consumo de eletricidade seja reduzido no horário de ponta.

1.1.4 TARIFAS INCENTIVADAS

O incentivo tarifário é, provavelmente, o fator mais importante na maioria dos programas de eficiência energética e GLD. Ele pode ser o programa em si, ou utilizado como motivação para a adesão dos consumidores e, conseqüentemente, obter êxito na implementação de um determinado programa.

No Brasil, segundo Jannuzzi (2006), há mais de vinte anos não ocorrem avanços no oferecimento de novos tipos de tarifas, para o setor residencial, que possam auxiliar mudanças significativas na oferta de eletricidade, através de novas tecnologias no lado da demanda, modificando hábitos e usos de eletricidade. Assim, possibilidades de menor utilização da capacidade existente são desperdiçadas e novas tecnologias não encontram espaço no mercado.

1.1.5 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A geração distribuída é um programa que pode ter diversas formas, dependendo do objetivo traçado pelo agente ou pela concessionária de energia. Alternativas como gerações eólica,

solar (térmica ou fotovoltaica), geradores em espera, cogeração, pequenas centrais hidrelétricas e outros tipos de fontes de geração independentes podem ser implementadas e coordenadas para atender as metas de um programa de eficiência energética ou GLD.

1.1.6 PROMOÇÃO JUNTO AOS CONSUMIDORES

São atividades planejadas e financiadas com a finalidade de incentivar os consumidores a cumprir ações para que o objetivo do programa implementado seja alcançado. Isto, normalmente, consiste em informes (em rádio, televisão ou jornal), seminários sobre eficiência energética e distribuição de literatura informativa. Estas atividades podem ter seu foco em um projeto específico ou programas em geral.

1.1.7 MELHORIA DE EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS E SISTEMAS

Com o desenvolvimento tecnológico de equipamentos e processos de fabricação mais eficientes, diversas medidas têm sido tomadas para melhorar a eficiência energética de equipamentos em geral. O custo da eletricidade para o consumidor é um incentivo para a adoção de tecnologias mais eficientes.

Um programa importante para incentivar a melhoria de eficiência é a substituição de refrigeradores ineficientes por eficientes em famílias de baixa renda. O governo consegue controlar as emissões de CFC e reduzir o desperdício de energia elétrica. As empresas passam a ter mais eficiência tanto na distribuição quanto na cobrança do uso de energia elétrica, já que regularizam a situação de famílias que utilizam ligações clandestinas. E as próprias famílias são beneficiadas, pois ganham uma geladeira nova e mais econômica (Melo, 2007).

O Brasil, através do INMETRO, desenvolveu o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), que atua através de etiquetas informativas, com o objetivo de prover os consumidores de informações que lhes permitam avaliar o consumo de energia dos equipamentos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo e otimizar seus usos, possibilitando economia nos custos de energia.

A adesão dos fabricantes ao PBE é voluntária. Os testes são realizados apenas em produtos de fabricantes que concordem em participar do programa. A partir dos resultados, é criada uma escala onde todos são classificados. Os testes são repetidos periodicamente, com a finalidade de

atualizar a escala. Com isso, o programa incentiva a melhoria constante do desempenho dos equipamentos, estimulando a competitividade do mercado.

1.2 BARREIRAS PARA A INTRODUÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

1.2.1 FALTA DE INFORMAÇÃO

Geralmente, o consumidor não sabe qual é o consumo de eletricidade devido ao uso de determinado equipamento e quanto isto representa em sua fatura mensal. Também não tem conhecimento sobre opções mais eficientes ou novas tecnologias que possam substituir as atuais e promover o uso racional de eletricidade. E, em caso de possuir este conhecimento, pode não ter informação sobre o valor a ser economizado e em quanto tempo o seu investimento inicial será recuperado.

1.2.2 FALTA DE CAPITAL OU FINANCIAMENTO

Consumidores podem ter conhecimento suficiente para investir em eficiência energética, porém não possuem capital disponível para comprar equipamentos eficientes ou melhorar instalações. Mesmo sendo medidas vantajosas e de retorno rápido, não são implementadas por falta de condições atrativas de financiamento.

1.2.3 INFRA-ESTRUTURA LIMITADA

Novas tecnologias e equipamentos eficientes com preços pouco convidativos causam um “impasse” no mercado: não há demanda porque os preços são altos e não há redução de preços porque não há demanda para incentivar a produção, melhorar o desempenho e reduzir os custos. A disponibilidade de produtos de maior eficiência energética é importante para a criação de um mercado sustentado de tecnologias eficientes. A qualidade do equipamento também é de grande importância e tem reflexos no desempenho do próprio sistema elétrico.

1.2.4 TARIFAS E PREÇOS DE ELETRICIDADE

Medidas de eficiência energética sofrem desvantagens se o preço da eletricidade for subsidiado ou estruturado sem base nos custos reais de produção. Um exemplo é a Tarifa Social, programa social criado pelo Governo Federal em 2002, que concede descontos de até 65% na conta de luz às famílias de baixa renda e baixo consumo de energia elétrica. Embora este programa seja muito importante para reduzir a desigualdade no acesso a energia elétrica, ele pode ser um obstáculo quando se trata de incentivar o consumidor a investir em eficiência energética, uma vez que o sinal de mercado que se dá é que a energia é barata e, portanto, economizá-la não vale a pena.

1.2.5 OBSTÁCULOS POLÍTICOS

Os interesses corporativos podem exercer pressão na arena política para bloquear a adoção de políticas favoráveis às medidas de eficiência energética com o intuito de não diminuir seus rendimentos em função da diminuição das vendas de eletricidade.

É possível remover muitas das barreiras citadas, por intermédio de políticas públicas esclarecidas, que eduquem e treinem os consumidores, forneçam financiamento adequado, permitam que a eficiência e as novas tecnologias estejam disponíveis, melhorem o desempenho dessas tecnologias e eliminem os preços subsidiados (Geller, 2003).

1.3 O PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS (PIR)¹⁶

O Planejamento Integrado de Recursos (PIR) é o desenvolvimento da oferta de eletricidade e de opções de eficiência energética e de GLD para fornecer energia a custo mínimo, incluindo custos sociais e ambientais.

O crescimento rápido e mal planejado da produção e do consumo energético leva a impactos ambientais que podem comprometer o desenvolvimento. O uso de energia, seja através de combustíveis fósseis, nuclear ou de geração hidrelétrica em grande escala, ou ainda de recursos de biomassa, provoca os mais severos impactos ambientais. Assim, uma das principais razões

¹⁶ Esse item baseia-se em Jannuzzi (1997).

para se buscar a melhoria de eficiência energética é se evitar conseqüências indesejáveis devido ao consumo de energia.

No PIR os investimentos em eficiência energética são avaliados usando-se a mesma taxa de desconto para investimentos em geração. Agentes governamentais e concessionárias de energia devem optar entre financiar programas de eficiência energética ou pagar os custos marginais de geração sobre bases relativamente iguais. O sucesso da implementação das medidas de eficiência de uso-final não depende somente do critério econômico e da decisão dos consumidores de energia. As taxas de desconto para o consumidor são excessivamente altas quando comparadas com as taxas pagas por agentes governamentais e concessionárias de energia elétrica. Assim, não é de se esperar que aumentos no preço da energia elétrica sejam suficientes para levar os consumidores a investirem em eficiência energética. Faz-se necessária a atuação governamental direta e a criação de programas de GLD por parte das concessionárias, atuando para reduzir a distância entre as taxas de desconto de mercado e as do setor elétrico.

O PIR é um processo que possibilita a avaliação de opções de oferta de eletricidade e de melhorias de eficiência energética, incluindo opções de GLD. A implementação do PIR requer, em geral, as seguintes etapas:

- Coleta de dados confiáveis sobre padrões de uso-final de eletricidade e alternativas técnicas para melhorar suas eficiências energéticas;
- Definição e projeção das demandas de serviços de energia;
- O cálculo dos custos e dos impactos na curva de carga das alternativas do lado da demanda;
- Comparação dos custos das alternativas do lado da demanda com os custos e os impactos ambientais das ofertas de eletricidade;
- A elaboração de um plano integrado de opções de oferta e ações no lado da demanda que satisfaçam os critérios de custo e qualidade ambiental;
- Implementação do plano.

Este trabalho tem por finalidade a avaliação da viabilidade técnico-econômica da implementação de aquecedores solares, no setor residencial da região Sudeste do Brasil, e de seus impactos na curva de carga do chuveiro elétrico, baseados em informações obtidas em uma pesquisa de campo quantitativa realizada em 2005. O próximo capítulo mostra a projeção da demanda de eletricidade no setor residencial devido ao uso do chuveiro no ano de realização da pesquisa.

A PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO SUDESTE

Segundo Jannuzzi (1997), diversos métodos podem ser usados nas projeções de demanda de energia elétrica e de carga de uma determinada região. Os dois principais procedimentos em uso corrente pela maioria das agências de planejamento e concessionárias de energia elétrica são essencialmente baseados nos modelos econométricos ou nos modelos denominados técnico-econômicos. Além das diferentes feições dentro do processo de planejamento de serviços de energia, outra grande diferença entre esses modelos é o nível de agregação dos dados de entrada. Os modelos econométricos são mais agregados e baseiam-se essencialmente nos fatores preço de energia e renda (ou outro indicador de atividade econômica) e suas relações com a demanda de energia elétrica.

Os modelos econométricos têm a vantagem de requererem menos dados e de possuir boa base teórica estatística. Geralmente, eles são utilizados para se estudar uma classe completa e homogênea de consumidores e não levam em conta, necessariamente, a sua estrutura tecnológica e o uso-final da energia (Jannuzzi,1997).

Já os modelos técnico-econômicos (ou modelos de usos-finais) são muito mais detalhados, embora suas formulações analíticas possam ser bastante simples. Esta metodologia se ajusta muito bem ao propósito de projeções de eficiência energética, porque é possível considerar mudanças nos níveis de serviço e de tecnologia (Jannuzzi,1997).

De uma maneira geral, o modelo econométrico auxilia a atuação no mercado de energia através de políticas de preços, enquanto o modelo técnico-econômico, que será explicitado a seguir e no qual este trabalho está baseado, possibilita a elaboração de ações no mercado consumidor, através de estímulos, de diversas ordens, a modificações tecnológicas (Jannuzzi,1997).

2.1 O MODELO DE USOS-FINAIS

A demanda de energia para cada atividade é considerada como produto de dois fatores: o *nível da atividade* (o serviço de energia) e a *intensidade de energia* (o uso de energia por unidade de serviço). O *nível de atividade*, que implica maiores necessidades de serviços de energia, depende da população, da renda e da produção econômica. A *intensidade de energia* depende da eficiência energética, incluindo aspectos operacionais e tecnológicos. O somatório dos produtos destes dois fatores fornece a demanda total de energia (E) (Jannuzzi,1997).

$$E = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i * I_i, \quad (2.1)$$

onde:

- Q_i : Quantidade do serviço de energia i ;
- I_i : Intensidade do uso energético para cada serviço de energia i .

A intensidade I_i pode ser reduzida através de mudança tecnológica, sem afetar o nível dos serviços de energia (ou seja, mantendo a mesma temperatura de água para banho, por exemplo), ou diminuindo o uso de um dado equipamento, reduzindo, assim, seu consumo de energia. Se esta redução é alcançada, eliminando o uso desnecessário (ou desperdício), pode ser considerada melhoria de eficiência. Entretanto, se a redução decorre de uma redução de conforto (menor temperatura de água para banho, por exemplo), considera-se como redução no nível dos serviços de energia (Jannuzzi,1997).

A quantidade de serviços de energia Q_i depende de diversos fatores, como a população, a fração que usa o serviço do uso-final e a extensão ou nível de uso de cada serviço.

$$Q_i = N_i * P_i * M_i, \quad (2.2)$$

onde:

- N_i : Número de consumidores eleitos por uso-final i ;
- P_i : Penetração (unidades/consumidor) do serviço do uso-final i ;
- M_i : Magnitude ou extensão do uso do serviço do uso-final i .

O parâmetro população N_i pode ser o número de residências, estabelecimentos comerciais ou consumidores industriais. O requisito é que este valor concorde com a definição do denomi-

nador na variável penetração P_i , que é a fração de consumidores que usam um dado uso-final elétrico. Para eletrodomésticos, a penetração P_i representa o número ou fração de aparelhos por residência. Alguns aparelhos podem atingir um nível de saturação, onde não se esperam aumentos. Já o parâmetro M_i depende do uso-final e, para eletrodomésticos, pode indicar a frequência do uso (tempo de banho, por exemplo) (Jannuzzi,1997).

Portanto, o nível do serviço de energia depende da classe de consumidores considerada, de seus padrões de uso de energia e, em alguns casos, da informação da penetração dos serviços de energia incluídos naquela classe de consumidores. A intensidade do uso de energia I_i é o indicador da eficiência técnica para realizar uma unidade de serviço i de energia para aquela classe de consumidores (Jannuzzi,1997).

A próxima seção apresenta o cálculo da demanda de energia para aquecimento de água no setor residencial da região Sudeste, utilizando-se o modelo de usos-finais.

2.2 A DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA NO SETOR RESIDENCIAL DA REGIÃO SUDESTE EM 2005

Entre os anos de 2004 e 2005, foi realizada, pela PUC-Rio¹⁷, uma pesquisa quantitativa na área de concessão das principais concessionárias de energia elétrica do Brasil. A pesquisa teve como elemento principal um amplo questionário com perguntas direcionadas ao setor residencial e relacionadas à posse de eletrodomésticos e hábitos de consumo (por quantidade, frequência de uso e horário). O questionário também apresentou informações sobre condições sócio-econômicas, condições de fornecimento de energia elétrica e tendências de compra de eletroeletrônicos¹⁸.

Na Região Sudeste, foram pesquisados 2100 consumidores¹⁹. Estes foram distribuídos em 6 faixas de consumo mensal: faixa 1 (até 50 kWh/mês); faixa 2 (mais de 50 a 100 kWh/mês);

¹⁷ No âmbito do projeto do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) “Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil: Simulação de Potenciais de Eficiência Energética para o Setor Residencial”, através do convênio ECOLUZ/PUC-Rio/COPPE-UFRJ.

¹⁸ O questionário completo utilizado na pesquisa encontra-se no Anexo I.

¹⁹ Conforme Plano Amostral, cujos detalhes encontram-se no Anexo II.

faixa 3 (mais de 100 a 200 kWh/mês); faixa 4 (mais de 200 a 300 kWh/mês); faixa 5 (mais de 300 a 500 kWh/mês) e faixa 6 (mais de 500 kWh/mês).

Os usos finais mais representativos no consumo de energia elétrica residencial na região Sudeste, em 2005, são mostrados na Figura 2.1. Destaca-se o uso de eletricidade para aquecimento de água, que correspondeu a 30% do consumo residencial da região Sudeste.

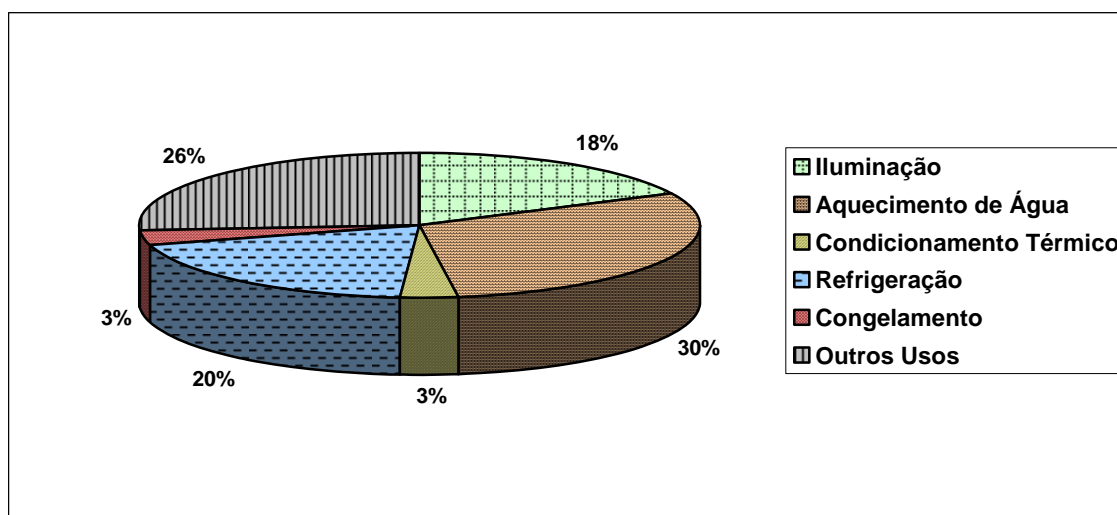


Figura 2.1 – Participação dos Usos Finais no Consumo Residencial da Região Sudeste em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

Neste trabalho, para uma melhor avaliação dos resultados da pesquisa, as faixas de consumo mensal do setor residencial da região Sudeste foram agregadas em quatro subsetores, conforme apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Classificação Setor Residencial da Região Sudeste por Faixas de Consumo

SUBSETOR	Faixa de Consumo (kWh/mês)
Sudeste I (SE I)	Até 100
Sudeste II (SE II)	Mais de 100 a 200
Sudeste III (SE III)	Mais de 200 a 300
Sudeste IV (SE IV)	Mais de 300

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

A partir dos dados sócio-econômicos²⁰ obtidos, pôde-se identificar as participações na composição dos subsetores de acordo com a renda familiar, conforme mostrado na

²⁰ Ver item 11 do questionário utilizado na pesquisa (Anexo I).

Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Composição dos Subsetores da Região Sudeste de Acordo com a Renda Familiar em 2005

Subsetor	Consumo (kWh/mês)	Renda Familiar (s.m.)						
		Até 1	Mais de 1 a 2	Mais de 2 a 3	Mais de 3 a 5	Mais de 5 a 10	Mais de 10 a 20	Mais de 20
SE I	Até 100	8,8%	25,0%	19,7%	33,2%	11,6%	1,4%	0,3%
SE II	Mais de 100 a 200	2,4%	13,3%	16,6%	33,0%	28,5%	4,6%	1,7%
SE III	Mais de 200 a 300	0,3%	7,9%	11,5%	30,4%	35,8%	11,8%	2,3%
SE IV	Mais de 300	1,6%	3,3%	9,0%	21,2%	33,5%	24,9%	6,5%

Nota: Salário mínimo em 2005: R\$ 260,00 até 1º de maio e R\$ 300,00 a partir desta data

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

De acordo com a

Tabela 2.2, observa-se que para os subsetores SE I e SE II, predominam as famílias com renda familiar entre 3 a 5 salários mínimos (33,2% das famílias do SE I e 33,0% das famílias do SE II), enquanto que nos subsetores SE III e SE IV, predominam as famílias, cujos rendimentos estão compreendidos entre 5 e 10 s.m. (35,8 e 33,5%, respectivamente)²¹.

A Tabela 2.3 mostra o consumo médio faturado dos domicílios, dentro de cada subsetor, e também a renda média em salários mínimos. O consumo faturado é o registrado pela distribuidora de energia, ou seja, sem contabilização de perdas comerciais (furtos de eletricidade).

²¹ É relevante ressaltar que a amostra de dados da referente à renda familiar corresponde a 1722 domicílios, cerca de 80% da amostra, pois nem todos os entrevistados concordaram em fornecer essa informação, o que, de certa maneira, pode enviesar o resultado.

Tabela 2.3 – Consumo Médio Faturado e Renda Média dos Subsetores da Região Sudeste em 2005

SUBSETOR	Consumo Médio Faturado (kWh/mês)	Renda Média em Salários Mínimos
SE I	64,10	3,4
SE II	154,90	5,3
SE III	233,71	6,8
SE IV	482,40	9,3

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

O consumo médio faturado para cada grupo foi calculado a partir da consolidação dos valores fornecidos pelas principais distribuidoras da região Sudeste, considerando o número de clientes e a quantidade total de energia fornecida a cada uma dessas quatro faixas de consumo de energia elétrica. Observa-se que, em linhas gerais, há correlação entre consumo de energia e classes de renda, ou seja, o maior consumo de energia ocorre em domicílios cujo poder aquisitivo é maior (PPE/COPPE/UFRJ, 2007).

A Tabela 2.4 apresenta, com base nos dados da pesquisa de campo, o consumo médio calculado e a posse média²² dos principais equipamentos referentes aos usos finais indicados: chuveiro elétrico para aquecimento de água²³, lâmpadas incandescentes e fluorescentes (tubulares e compactas) para iluminação, refrigeradores para refrigeração, freezers para congelamento e condicionadores de ar para condicionamento térmico.

²² A posse média representa o número médio do respectivo equipamento presente em cada residência. Para um melhor entendimento, por exemplo, a posse de chuveiros elétricos no subsetor SE I é de 0,91. Isto é o mesmo que dizer que em cada 100 residências deste subsetor encontram-se 91 chuveiros elétricos.

²³ Nos domicílios pesquisados, além do chuveiro elétrico, foram encontrados outros 3 tipos de equipamentos (boiler, aquecedor de passagem e aquecedor central) que utilizam eletricidade para aquecimento de água, mas estes, somados, representam apenas 0,4% do total.

Tabela 2.4 – Consumo Médio e Posse Média de Equipamentos Utilizados para os Usos Finais em uma Residência Média da Região Sudeste em 2005

USOS FINAIS	SE I		SE II		SE III		SE IV	
	Consumo (kWh/mês)	Posse	Consumo (kWh/mês)	Posse	Consumo (kWh/mês)	Posse	Consumo (kWh/mês)	Posse
AQUECIMENTO DE AGUA	38,93	0,91	61,61	1,04	71,19	1,19	75,50	1,39
ILUMINAÇÃO	30,16	3,80	34,36	4,95	30,38	5,24	50,77	6,28
REFRIGERAÇÃO	29,97	0,84	35,86	0,87	43,46	0,95	51,83	1,05
CONGELAMENTO	1,12	0,02	4,16	0,10	8,41	0,16	18,61	0,38
CONDICIONAMENTO TÉRMICO	0,41	0,03	6,57	0,05	4,05	0,09	21,04	0,30
TOTAL	100,59	-	142,56	-	157,49	-	217,75	-

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

Ainda na Tabela 2.4, observa-se que, nos subsetores SE I e II, o consumo médio total calculado para cinco usos finais (iluminação, aquecimento de água, refrigeração, congelamento e condicionamento térmico) é superior ou muito próximo ao consumo médio faturado pelas concessionárias de energia (Tabela 2.3). Atribui-se a este fato, prováveis furtos de energia elétrica nestas classes de consumo. Para os subsetores SE III e IV, a diferença entre o consumo médio total calculado e o faturado é atribuída a outros equipamentos utilizados para fins não listados na Tabela 2.4.

Destaca-se, também, que o consumo de eletricidade para aquecimento de água é o mais representativo em todos os subsetores da região Sudeste. Sendo esta a região com o maior número de domicílios do país (Tabela 2.5) ela foi responsável por quase 60% do consumo brasileiro de eletricidade destinado ao aquecimento de água em 2005, conforme ilustrado na Figura 2.2.

Tabela 2.5 – Distribuição dos Domicílios e Posse Média de Chuveiros Elétricos por Região do Brasil em 2005

REGIÃO	Domicílios		Posse Média de Chuveiros Elétricos
	Quantidade	Participação	
Sudeste	23.817.548	45%	1,11
Nordeste	13.373.494	25%	0,56
Sul	8.390.821	16%	1,13
Centro-oeste	3.856.752	7%	1,02
Norte	3.717.849	7%	0,04
BRASIL	53.156.464	100%	-

Fonte: Elaboração própria a partir de PNAD-IBGE (2006) e PPE/COPPE/UFRJ (2007).

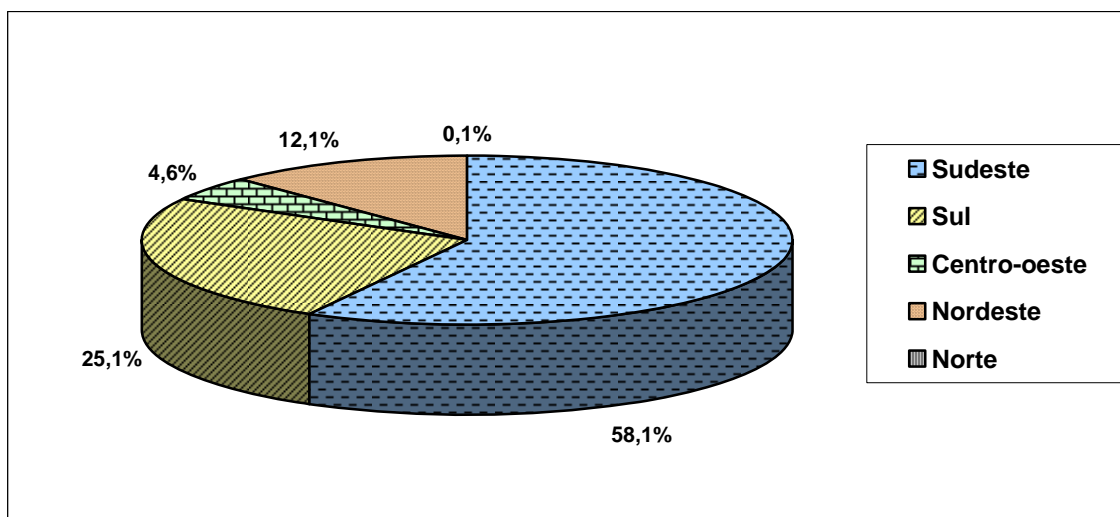


Figura 2.2 – Participações das Regiões no Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de IBGE (2005) e PPE/COPPE/UFRJ (2007).

Além do alto consumo de eletricidade, o chuveiro elétrico é um dos principais responsáveis pela ponta do sistema elétrico nacional. Apesar de ser um equipamento simples e barato para o consumidor, o que justifica a posse elevada, acaba sendo inadequado para a concessionária de energia elétrica devido à simultaneidade de uso entre os consumidores, elevada potência e baixo fator de carga²⁴ (Oliva, 1999).

A Tabela 2.6 apresenta a potência média dos chuveiros elétricos da região Sudeste em cada subsetor.

Tabela 2.6 – Potência Média dos Chuveiros Elétricos da Região Sudeste em 2005

Subsetor	Potência Média (W)
SE I	2594
SE II	3150
SE III	3458
SE IV	4106

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

²⁴ O fator de carga varia de 0 a 1. Quando próximo de 1, indica que as cargas elétricas foram utilizadas racionalmente ao longo do tempo. Por outro lado, um fator de carga baixo representa concentração de consumo de energia elétrica em curto período de tempo.

Os cálculos de consumo e potência média do chuveiro elétrico foram elaborados a partir dos dados obtidos em campo²⁵, onde foram determinados os modelos médios de chuveiro elétrico para cada subsetor, considerando-se informações sobre idade, posse e potência dos equipamentos.

A potência média do chuveiro elétrico de cada subsetor foi obtida através de ponderação, de acordo com informações quanto à posição da chave: em “morno”, “quente” e “desligado”. Nesta ponderação, consideraram-se apenas as posições “morno” e “quente”, pois a posição “desligado” mostra que o equipamento está funcionando sem consumo de eletricidade. Assim, definiu-se que o chuveiro com a chave na posição “morno” utiliza 70% da potência nominal do aparelho (segundo informações dos fabricantes – Lorenzetti, 2006) e na posição “quente” utiliza 100% da potência nominal (PPE/COPPE/UFRJ, 2007).

Além disso, foram utilizadas informações sobre o tempo médio de banho, por habitante, e número médio de habitantes, por domicílio, que usam o chuveiro elétrico, em cada subsetor²⁶. A partir destas informações, calculou-se o tempo médio de utilização do chuveiro. Por fim, o consumo médio calculado foi multiplicado pela posse de chuveiros, a fim de se obter o consumo médio para o uso *aquecimento de água*, por domicílio (PPE/COPPE/UFRJ, 2007).

Com base na Tabela 2.2 e no consumo médio dos chuveiros elétricos calculado para cada subsetor, obteve-se o consumo médio dos chuveiros para cada faixa de renda familiar, apresentado na Tabela 2.7.

²⁵ Ver item 10 do questionário utilizado na pesquisa (Anexo I).

²⁶ Informações obtidas no relatório, elaborado pelos pesquisadores de campo e fornecido pela PUC-RIO, sobre a análise dos dados obtidos na pesquisa.

Tabela 2.7 – Consumo Médio dos Chuveiros Elétricos por Faixa de Renda Familiar em 2005

Subsetor	Consumo Médio do Chuveiro (kWh/mês)	Renda Familiar (s.m)						
		Até 1	Mais de 1 a 2	Mais de 2 a 3	Mais de 3 a 5	Mais de 5 a 10	Mais de 10 a 20	Mais de 20
SE I	38,93	73,9%	57,3%	42,7%	36,2%	15,5%	5,9%	5,7%
SE II	61,61	18,8%	28,5%	33,7%	33,7%	36,0%	18,4%	25,7%
SE III	71,19	1,4%	11,1%	15,4%	20,3%	29,5%	30,9%	22,9%
SE IV	75,50	5,8%	3,2%	8,2%	9,8%	19,0%	44,9%	45,7%
Consumo Médio do Chuveiro por Faixa de Renda (kWh/mês)		45,79	50,11	54,54	56,72	63,55	69,46	68,85

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

Da Figura 2.3 à Figura 2.9, apresentam-se as curvas de carga médias relativas ao uso do chuveiro elétrico, por domicílio e faixa de renda, na região Sudeste. Observa-se o aumento da magnitude de potência no horário de ponta, de 18 às 21 horas, de acordo com o aumento da renda familiar. Ainda em função do rendimento familiar, pode-se destacar o crescimento mais acentuado de um outro horário de ponta para o chuveiro elétrico, no período matinal de 6 às 9 horas.

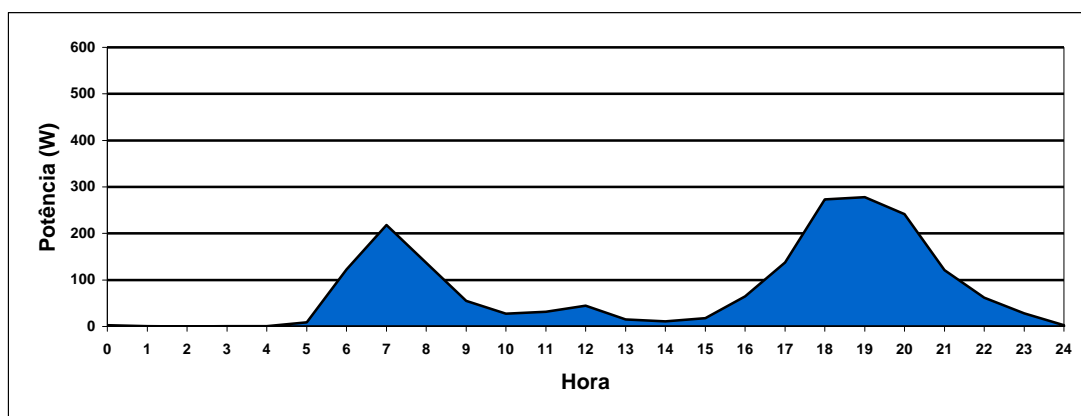


Figura 2.3 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Até 1 Salário Mínimo em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

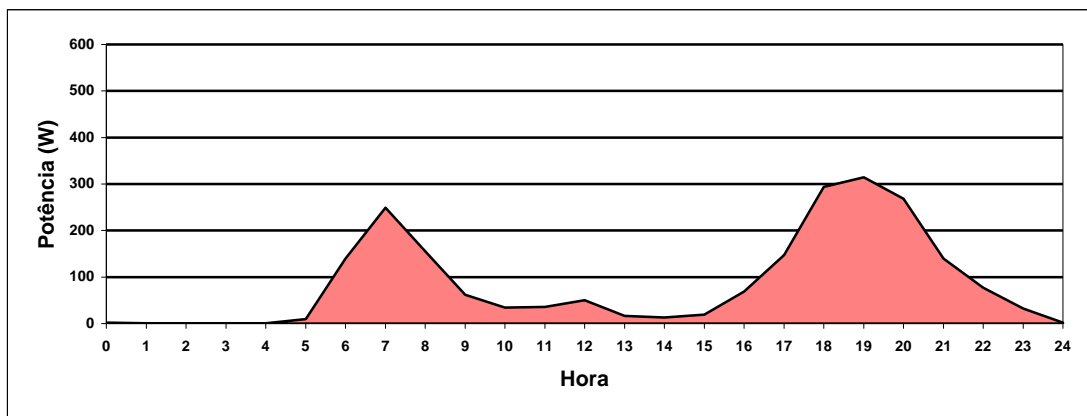


Figura 2.4 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 1 a 2 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

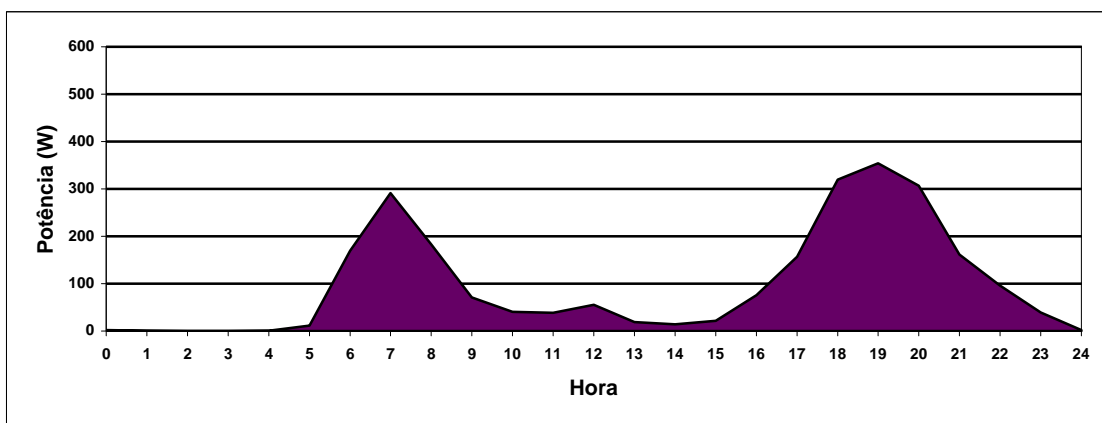


Figura 2.5 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 2 a 3 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir PPE/COPPE/UFRJ (2007).

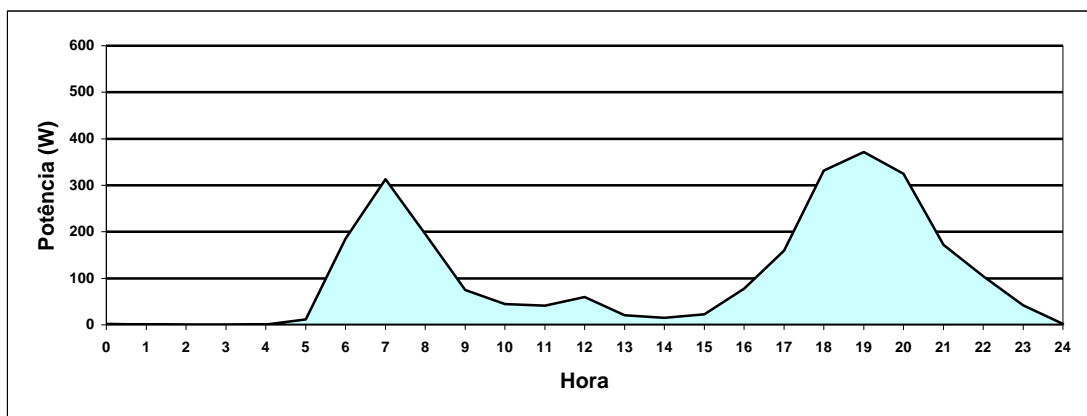


Figura 2.6 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 3 a 5 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

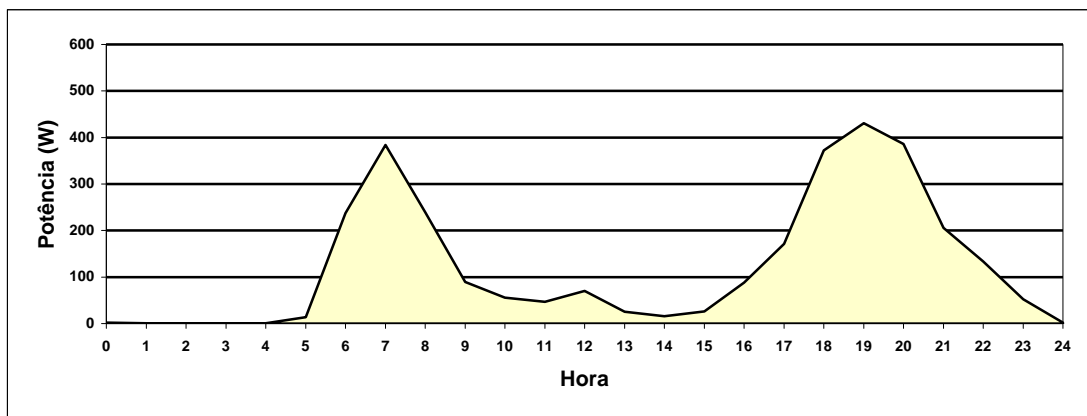


Figura 2.7 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 5 a 10 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

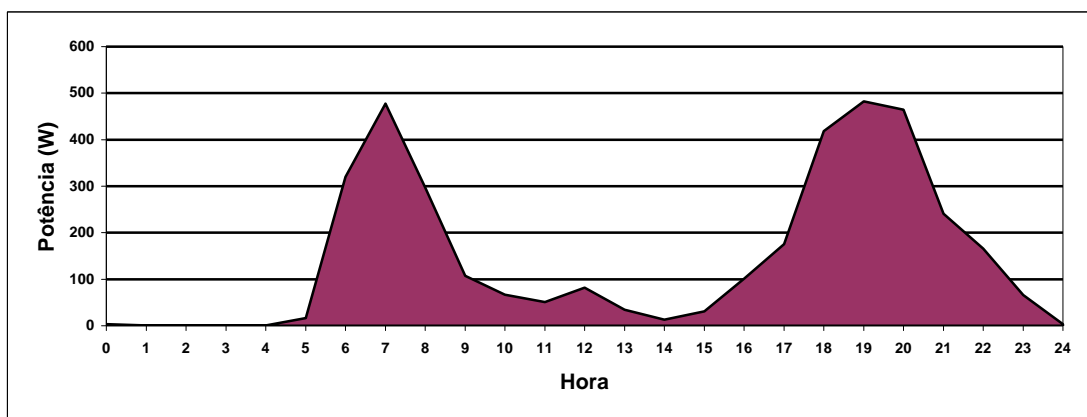


Figura 2.8 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 10 a 20 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

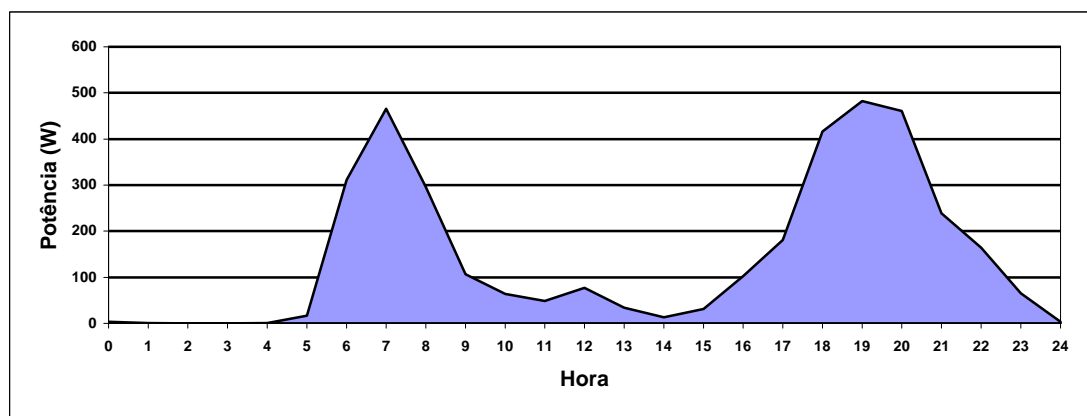


Figura 2.9 – Curva de Carga Média Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 20 Salários Mínimos em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007).

Para a demanda de eletricidade do chuveiro elétrico no setor residencial, a equação 2.1 seria:

$$E = N * P * M * I, \quad (2.3)$$

onde:

- N: Número de domicílios da região Sudeste
- P: Posse média de chuveiros elétricos
- M: Tempo médio de uso por domicílio
- I: Potência média do chuveiro elétrico

Aplicando a equação 2.3 para cada classe de renda, o produto P*M*I corresponde ao consumo médio do chuveiro por faixa de renda (Tabela 2.7), e o parâmetro N corresponde ao número de domicílios dentro de cada faixa²⁷. Assim, a partir de dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) - IBGE (2006), obteve-se a demanda de eletricidade devido ao uso do chuveiro elétrico na região Sudeste em 2005, conforme mostrado na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 – Demanda de Eletricidade Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico na Região Sudeste em 2005

	Renda Familiar (s.m)							TOTAL
	Até 1	Mais de 1 a 2	Mais de 2 a 3	Mais de 3 a 5	Mais de 5 a 10	Mais de 10 a 20	Mais de 20	
Número de Domicílios	2.168.667	4.139.171	3.673.352	5.260.997	4.837.701	2.106.678	1.012.372	23.198.938
Consumo Total de Eletricidade (GWh/ano)	1192	2489	2404	3581	3689	1756	836	15947

Nota: Exclusive os domicílios sem declaração do valor do rendimento

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006).

A curva de carga apresentada na Figura 2.10 foi construída a partir das curvas de carga médias para cada faixa de rendimento familiar (Figura 2.3 à Figura 2.9) e o número total de domicílios dentro de cada faixa (Tabela 2.8).

²⁷ Os domicílios sem rendimento foram alocados na faixa de até 1 salário mínimo.

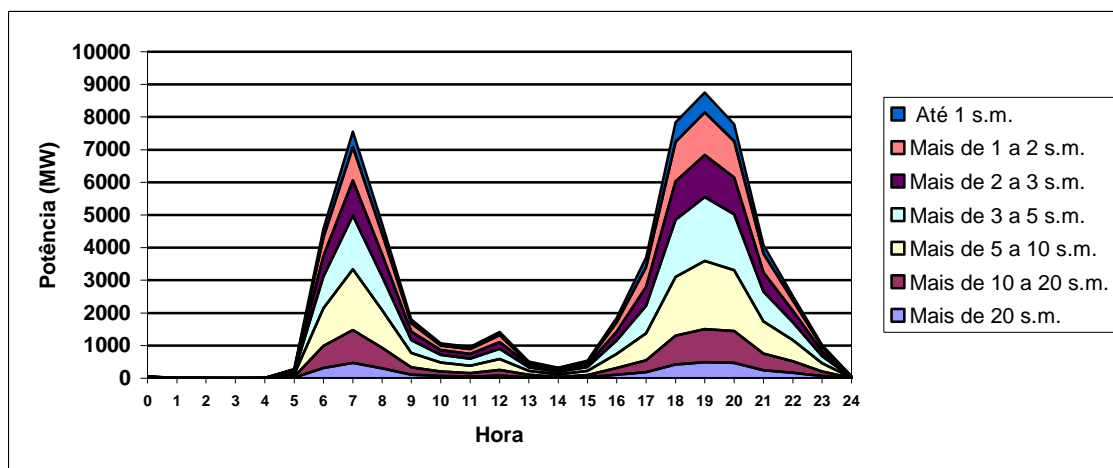


Figura 2.10 – Curva de Carga Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico na Região Sudeste em 2005

Fonte: Elaboração própria a partir de PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006)

Portanto, no ano de 2005, os chuveiros elétricos da região Sudeste foram responsáveis pelo consumo de 16 TWh de energia elétrica, com alta demanda de potência em dois períodos diários. Isto correspondeu a cerca de 20% de todo o consumo do setor residencial brasileiro neste mesmo ano.

A implementação em larga escala de aquecedores solares nos estados da região Sudeste pode reduzir a demanda de eletricidade e, conseqüentemente, trazer benefícios ambientais, sociais e econômicos, tanto para os agentes (governo ou concessionárias de energia elétrica), quanto para o usuário final.

No próximo capítulo, a tecnologia de aquecimento de água por meio de energia solar é apresentada como uma alternativa tecnicamente eficiente ao uso do chuveiro elétrico.

A ENERGIA SOLAR

A radiação solar não é distribuída uniformemente sobre a Terra devido aos movimentos de rotação e translação do planeta em relação ao Sol. As estações do ano são definidas pela inclinação do eixo de rotação do globo terrestre em relação à perpendicular ao plano definido pela órbita da Terra (Figura 3.1). Esta inclinação faz com que a orientação da Terra mude continuamente enquanto gira em torno do Sol e isto significa que o ângulo de elevação do Sol acima do horizonte, para uma determinada hora do dia, varia no decorrer do ano. No verão, quando os ângulos são maiores, os dias são mais longos e há mais radiação solar. Já no inverno, com ângulos menores, os dias são mais curtos e há menos radiação solar. Além disso, a latitude tem influência na intensidade de radiação solar, ou densidade de fluxo, que é a quantidade de energia que atinge uma área unitária por unidade de tempo (Grimm, 1999).

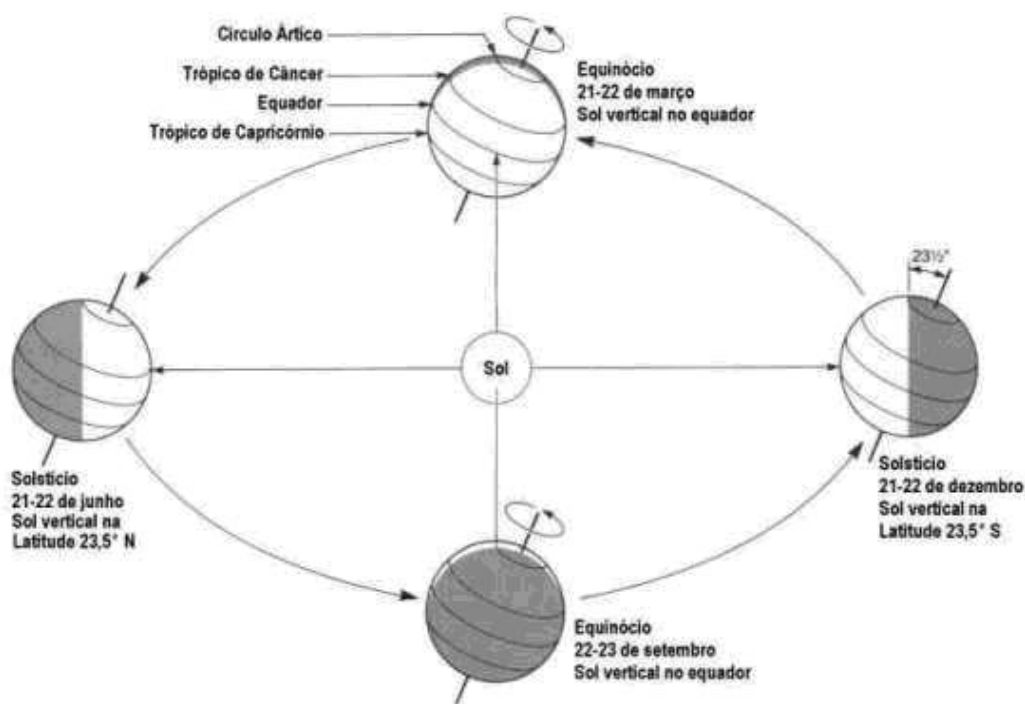


Figura 3.1 – Movimento de Translação da Terra

Fonte: Grimm (1999)

Quando os raios solares atingem a superfície terrestre verticalmente, ocorre menor absorção, reflexão e espalhamento²⁸ de radiação na atmosfera, pois os raios percorrem menores distâncias até a superfície, aumentando a densidade de fluxo na área atingida. Nas regiões tropicais, os raios solares incidentes estão mais próximos da vertical e, portanto, a radiação solar é mais intensa. Já nas regiões polares, os raios incidentes formam ângulos menores com a superfície e o aquecimento resultante é escasso ou nulo (Grimm, 1999).

As regiões desérticas do mundo são as mais abundantes em radiação solar. A cidade de Dongola, no Sudão, localizada no deserto Árábico, e Daggett, no deserto de Mojave, Estados Unidos, são exemplos de regiões excepcionalmente bem servidas de radiação solar (Tiba et al, 2000).

3.1 A ENERGIA SOLAR NO BRASIL

A incidência vertical de raios solares está limitada pelos Trópicos de Câncer e de Capricórnio, e o Brasil tem grande parte do seu território nesta região, conforme pode ser observado na Figura 3.2. Assim, possui grande potencial para aproveitamento de energia solar durante todo o ano, inclusive no mês de junho, correspondente ao solstício de inverno para o Hemisfério Sul.



Figura 3.2 – Potencial de Utilização de Energia Solar

Fonte: CEPEL apud Sleman (2006)

²⁸ Apenas 25% da radiação solar incide diretamente na superfície terrestre sem nenhuma interferência, constituindo a insolação direta. O restante é absorvido, refletido de volta ao espaço ou espalhado até atingir a superfície indiretamente.

A Tabela 3.1 mostra os valores médios mensais da radiação solar diária incidente nas duas regiões desérticas, anteriormente citadas, e em algumas capitais brasileiras. Como pode ser observado, algumas regiões brasileiras têm valores de radiação solar comparáveis às melhores regiões do mundo.

Tabela 3.1 – Radiação Solar Média Diária Incidente

Localidade	Latitude (°)	Radiação Solar Diária (kWh/m ²)		
		Mínima	Máxima	Média Anual
Dongola	19,2	5,08 (dez)	7,25 (jun)	6,34
Recife	8,1	4,55 (jun)	6,70 (dez)	5,83
Daggett	34,9	2,95 (dez)	8,43 (jun)	5,78
Fortaleza	3,8	5,00 (jun)	6,47 (out)	5,56
Salvador	13,0	3,53 (jun)	6,75 (dez)	5,27
Brasília	15,8	4,67 (jan)	5,58 (fev)	4,92
Vitória	20,3	3,55 (jun)	5,61 (fev)	4,43
Rio de Janeiro	22,9	3,51 (jun)	5,35 (fev)	4,43
Belo Horizonte	19,9	3,69 (mai)	5,56 (fev)	4,34
São Paulo	23,6	2,94 (jun)	5,00 (fev)	3,96
Curitiba	25,4	2,47 (jun)	5,06 (dez)	3,72

Fonte: Elaboração própria a partir de Tiba et al. (2000) e RETScreen (2007)

Segundo Pereira et al.(2003), a utilização da energia solar pode trazer benefícios em longo prazo para o país, regulando a oferta de energia em períodos de estiagem, diminuindo a dependência do mercado de petróleo e gás natural, e reduzindo as emissões de gases poluentes na atmosfera.

O aproveitamento da energia solar térmica, através de instalações de aquecimento solar, tem se mostrado como uma alternativa para a redução do consumo de energia elétrica no setor residencial brasileiro. Sua utilização intensiva em substituição aos chuveiros elétricos, amplamente utilizados, principalmente, na região Sudeste, pode ser entendida como geração descentralizada de energia elétrica.

Além disso, no inverno ocorre aumento de demanda de água quente, e isto coincide com o período de maior estiagem no país. Para o Brasil, onde a geração de energia elétrica é predominantemente hidráulica e a forma de aquecimento de água, na grande maioria das residências, é o chuveiro elétrico, essa coincidência pode acarretar problemas graves de garantia de fornecimento de eletricidade, como os ocorridos durante o racionamento, em 2001, já comentados no capítulo 1.

3.2 O SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR RESIDENCIAL

O sistema de aquecimento solar típico utilizado no Brasil é composto, basicamente, por uma ou mais placas planas, denominadas coletores solares, que captam a radiação solar incidente, e um reservatório térmico (boiler), que armazena a água quente.

O princípio de funcionamento, representado na Figura 3.3, baseia-se na diferença de temperatura entre as partes quente e fria do sistema. A água aquecida possui densidade menor (mais leve) e é deslocada para cima pela água fria, que possui maior densidade, provocando uma circulação natural denominada *termossifão*. Quando o equilíbrio térmico é atingido, a circulação cessa.

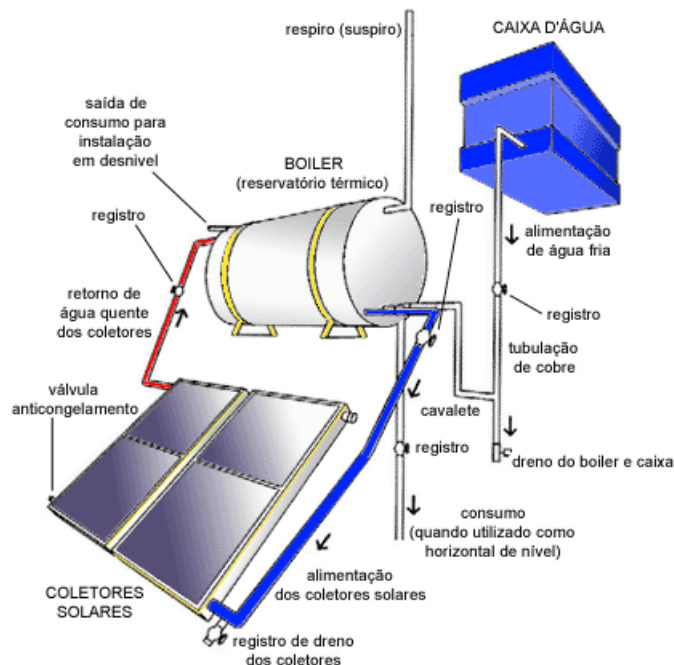


Figura 3.3 – Sistema de Aquecimento Solar Residencial Típico

Fonte: Soletrol (2007)

3.2.1 COLETOR SOLAR

O coletor solar mais utilizado no setor residencial (Figura 3.4) é composto pelos seguintes componentes:

- Caixa metálica externa: geralmente feita em alumínio ou chapa dobrada, é o suporte dos demais componentes;
- Isolamento térmico: reveste a parte interna da caixa metálica, minimizando as perdas de

calor para o ambiente. Geralmente, usa-se lã de vidro ou espuma de poliuretano;

- Tubos: tubulação interconectada por onde a água circula. Usa-se cobre ou alumínio, devido à boa condutividade térmica e resistência à corrosão;
- Aleta: placa que absorve a radiação solar e transfere para a água. É feita de cobre ou alumínio e pintada de preto fosco, visando a aumentar a absorção de energia.
- Cobertura Transparente: geralmente de vidro, permite a passagem de radiação solar, além de reduzir perdas de calor por convecção e radiação para o ambiente externo (FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS, 2002).

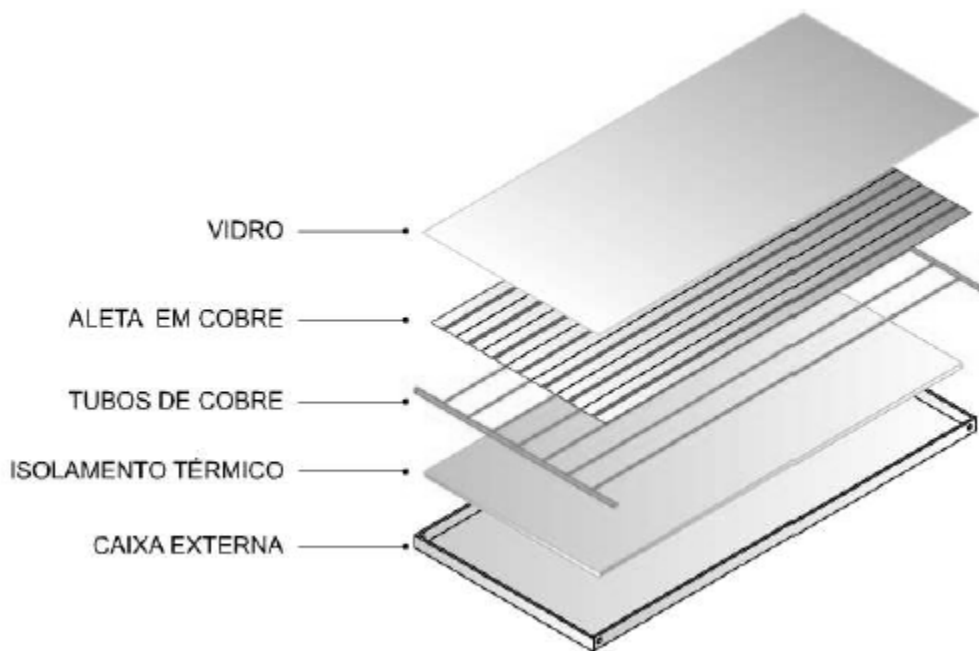


Figura 3.4 – Coletor Solar Plano Convencional

Fonte: Heliotek apud Sleman (2006)

O processo de aquecimento da água é simples. A radiação solar emitida atravessa o vidro e incide sobre a aleta, que absorve grande parte dessa energia e re-emite radiação infravermelha. O vidro é altamente transparente para os pequenos comprimentos de onda da radiação solar, mas virtualmente opaco para os comprimentos de onda da radiação infravermelha (Fantinelli, 2006). Assim, a radiação infravermelha não atravessa o vidro em direção à atmosfera e, estando o coletor hermeticamente fechado, ocorre o fenômeno denominado efeito estufa, onde há o aumento progressivo da temperatura da aleta enquanto houver incidência de radiação solar. Os tubos, contendo água, estão em contato direto com a aleta e, portanto, há transferência de calor para a água, que fica mais leve e é deslocada para o reservatório térmico pela água mais fria, que por sua vez preenche os tubos do coletor, reiniciando o processo de aquecimento. Para que haja esta circula-

ção natural, é necessário que o reservatório térmico esteja posicionado em um nível acima do coletor solar (Sleman, 2006).

Existem ainda outros tipos de coletores que são menos utilizados no Brasil:

- Coletor aberto – Não possui cobertura transparente ou isolamento térmico. O corpo externo geralmente é feito de materiais termoplásticos, polipropileno ou borrachas especiais. Opera com temperatura em torno de 30° e são recomendados para aquecimento de piscinas (Pereira et al.,2003);
- Coletor a vácuo – Consiste em uma série de tubos cilíndricos, absorvedores de radiação solar, revestidos por tubos de vidro. Entre os tubos internos e externos existe vácuo, que reduz a zero as perdas térmicas e aumenta a temperatura final da água para cerca de 80° (Hodum, 2007).

3.2.2 RESERVATÓRIO TÉRMICO

Os reservatórios térmicos podem ser constituídos de aço inoxidável, cobre, ou material termoplástico. São isolados internamente, geralmente com poliuretano rígido expandido, evitando perdas térmicas para o ambiente externo. No revestimento externo, que protege o isolamento contra intempéries, usa-se alumínio. Em geral, os reservatórios possuem um sistema de aquecimento auxiliar, constituído por um termostato, que mede a temperatura da água, e um resistor, que pode ser acionado manualmente ou automaticamente, quando a radiação solar for insuficiente ou nula (Fantinelli, 2006).

3.2.3 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Para que se obtenha o melhor resultado possível no processo de aquecimento solar, deve-se observar uma grande variedade de dados e condições que influenciam a eficiência do sistema.

A. Posicionamento

A circulação natural de água no sistema é devido à força motriz responsável pelo escoamento, originada devido às diferenças de densidade entre as colunas quente e fria. Esta força deve ser capaz de vencer a perda de carga nos coletores e tubulações do sistema. Na Figura 3.5, são mostradas as cotas e distâncias recomendadas para um escoamento durante os períodos de

insolação, evitando-se também a inversão do fluxo, que, normalmente, ocorre durante a noite (FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS, 2002).

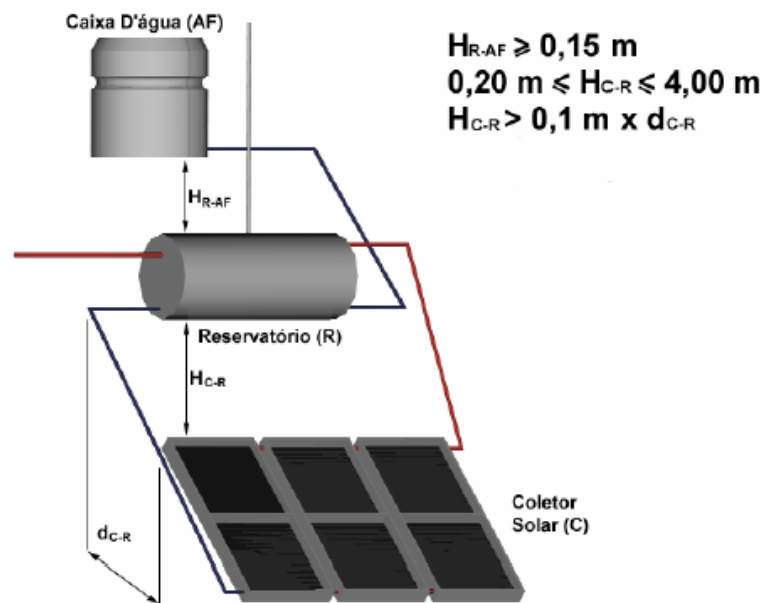


Figura 3.5 – Distâncias Recomendadas na Instalação

Fonte: ABRAVA apud FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS (2002)

Segundo Santos e Rosa (2002), os coletores solares devem estar voltados para o Norte verdadeiro, no caso do Brasil, para que se obtenha maior tempo de incidência de radiação solar. A inclinação, em relação ao plano horizontal, deve ser igual à latitude local mais 10 graus, para que a incidência de radiação solar favoreça os meses de inverno, quando a demanda de água quente é mais crítica.

B. Fração Solar

A energia necessária para aquecer um determinado volume de água é determinada pela equação

$$Q = \rho * V * c * (T_{arm} - T_{amb}), \quad (3.1)$$

onde:

- Q: quantidade diária de energia (kcal);
- ρ : densidade da água (kg/l);
- V: volume de água a ser aquecido (l);
- c: calor específico da água (kcal/kg.°C);

- T_{arm} : temperatura de armazenamento ($^{\circ}C$);
- T_{amb} : temperatura ambiente ($^{\circ}C$).

Assim, a energia mensal necessária para aquecer a água do reservatório de um sistema de aquecimento solar, até a temperatura desejada para banho, é dada por:

$$Q_{mês} = \frac{Q * N}{860}, \quad (3.2)$$

onde:

- $Q_{mês}$: quantidade de energia mensal (kWh);
- Q : quantidade diária de energia dada na equação 3.1 (kcal);
- N : número de dias no mês.

A fração solar é o percentual de energia proveniente de radiação solar que contribui para o aquecimento da água até a temperatura de armazenamento desejada. Para um determinado mês, é definida como a razão entre a contribuição do sistema de aquecimento solar e a demanda mensal de energia (Pereira et al., 2003).

$$f = \frac{Q_{solar}}{Q_{mês}}, \quad (3.3)$$

onde:

- f : fração solar mensal;
- Q_{solar} : quantidade de energia mensal proveniente de radiação solar (kWh);
- $Q_{mês}$: demanda mensal de energia dada pela equação 3.2 (kWh).

Portanto, a fração solar depende de parâmetros como condições climáticas, radiação solar incidente, área total de coletores solares, volume do reservatório, eficiência do sistema e temperatura de banho desejada.

Beckman et al. (1977) apud Pereira et al. (2003) propuseram parâmetros adimensionais X e Y:

$$X = \frac{A_C * F_R * U_L * (T_{REF} - T_{amb}) * \Delta t_{mês}}{Q_{mês}}, \quad (3.4)$$

onde:

- A_C : área total de coletores (m^2);
- F_{RU_L} : produto do fator de remoção e coeficiente global de perdas térmicas do coletor solar ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- T_{REF} : temperatura de referência ($^\circ C$);
- T_{amb} : temperatura ambiente média para o mês em questão ($^\circ C$);
- $\Delta t_{mês}$: duração do mês (s);
- $Q_{mês}$: demanda mensal de energia (kWh) dada pela equação 3.2.

$$Y = \frac{A_C * F_R (\tau_c \alpha_p)_\theta * H_T * N}{Q_{mês}}, \quad (3.5)$$

onde:

- A_C : área total de coletores (m^2);
- $F_R(\tau_c \alpha_p)_\theta$: produto do fator de remoção, transmissividade do vidro e absorptividade da tinta dos coletores, para ângulo médio de incidência da radiação direta ($W/m^2 \cdot ^\circ C$);
- H_T : radiação solar diária em média mensal incidente no plano do coletor por unidade de área (kWh/m^2);
- N : número de dias no mês;
- $Q_{mês}$: demanda mensal de energia (kWh) dada pela equação 3.2.

A fração solar mensal pode ser determinada através da equação empírica proposta por Klein apud Pereira (2003):

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3. \quad (3.6)$$

Considerando o aumento do conforto e o fato de que a energia solar é gratuita, pode ocorrer um aumento no tempo de banho e, conseqüentemente, no consumo de água quente (Moreira, 1985). Assim, para o dimensionamento adequado do sistema, deve-se considerar o tempo total de banho²⁹ e a vazão do chuveiro para calcular o volume de água que será aquecida.

É preciso ressaltar, no entanto, que um sistema de aquecimento solar mal dimensionado pode resultar na elevação do consumo de eletricidade, pois com o aumento do tempo de banho e

²⁹ O tempo médio de banho em residências com aquecimento solar é estimado em 15 minutos (Moreira, 1985).

radiação solar insuficiente, em função da alta demanda de água quente, pode-se ter a falsa impressão de que a água é aquecida pelo sol, quando na verdade é aquecida pelo sistema auxiliar (back-up) do reservatório térmico.

Neste trabalho, considera-se que o back-up do sistema de aquecimento solar é o próprio chuveiro elétrico. Isto permite um melhor controle de gastos, pois, com o uso do sistema auxiliar do reservatório térmico, o usuário final pode não perceber quanta eletricidade está sendo consumida no aquecimento de água.

O AQUECIMENTO SOLAR NA REGIÃO SUDESTE

A região Sudeste do Brasil não é a mais favorecida em termos de incidência de radiação solar, mas é a aquela com o maior número de domicílios e que responde por cerca de 60% do consumo total de eletricidade, devido ao uso do chuveiro elétrico no Brasil, conforme visto no capítulo 2. Portanto, esta região possui o maior potencial de redução do consumo de eletricidade, através do uso de aquecedores solares.

4.1 TEMPERATURA AMBIENTE E RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE

Conforme visto no capítulo anterior, a temperatura ambiente e a radiação solar são variáveis importantes para a determinação da fração solar. A Figura 4.1 mostra as temperaturas ambiente médias nos estados da região Sudeste, segundo dados do RETScreen International 2007³⁰.

³⁰ O RETScreen International é um software de análise de projetos de energia limpa desenvolvido pelo Ministério de Recursos Naturais do Canadá. Mais informações em <http://www.etscreen.net>.

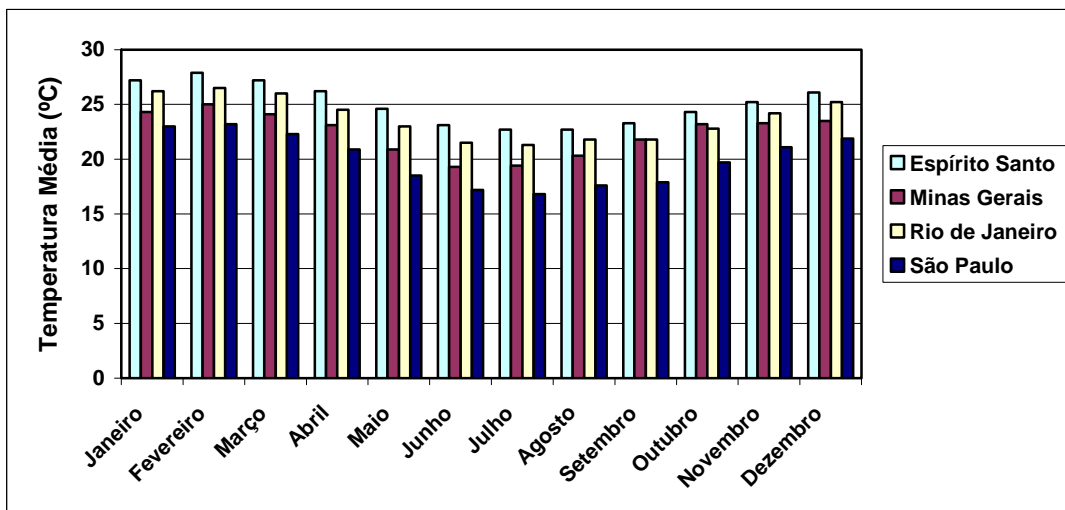


Figura 4.1 – Temperaturas Ambiente Médias nos Estados da Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de RETScreen (2007)

Observa-se, a partir da Figura 4.1 que existe considerável diferença entre as temperaturas médias dos estados em um mesmo mês. Isto significa que os estados necessitam de diferentes quantidades médias de energia solar para aquecer um mesmo volume de água até certa temperatura. O estado do Espírito Santo, por exemplo, que possui as maiores temperaturas médias durante todo o ano, necessita de menos radiação solar para aquecer determinado volume de água do que os demais estados do Sudeste. Já São Paulo, necessita de mais energia solar do que os demais estados, pois possui as menores temperaturas médias.

A Figura 4.2 mostra a incidência média de radiação solar, no plano horizontal, por estado. Pode-se observar que, se o coletor solar for posicionado horizontalmente, a radiação solar captada nos meses mais frios será consideravelmente menor.

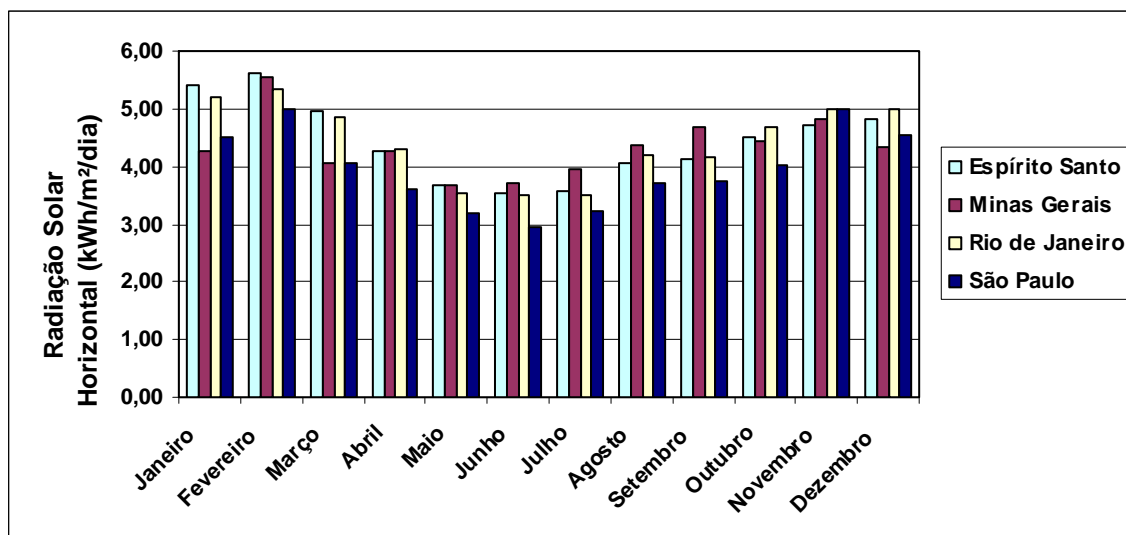


Figura 4.2 – Incidência Média de Radiação Solar no Plano Horizontal nos Estados da Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de RETScreen (2007)

A Figura 4.3 mostra a incidência média de radiação solar, considerando os coletores solares direcionados para o Norte e inclinados no ângulo da latitude local mais 10 graus. Observa-se a melhora dos índices de radiação solar nos meses mais frios.

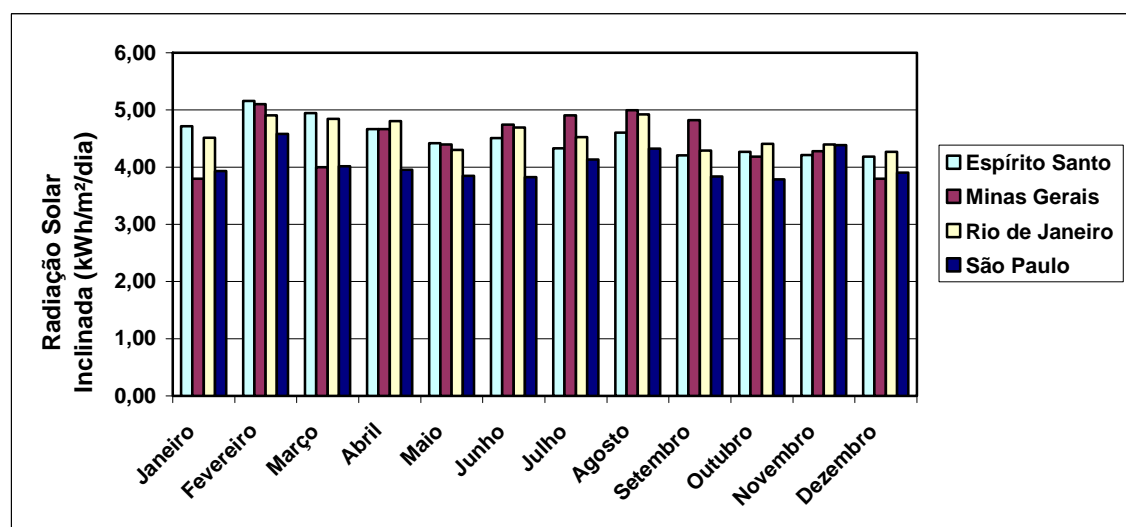


Figura 4.3 – Incidência Média de Radiação Solar no Plano Inclinado nos Estados da Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de RETScreen (2007)

Assim, a partir dos dados de radiação solar incidente em cada estado, ponderados com suas respectivas áreas territoriais, obtém-se a incidência média de radiação solar, no plano horizontal e inclinado, na região Sudeste (Figura 4.4).

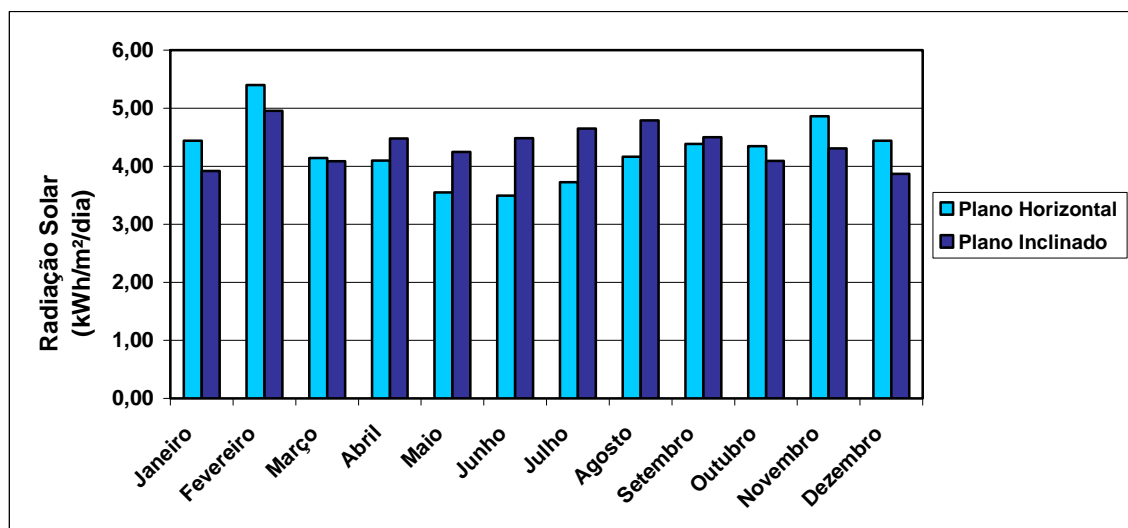


Figura 4.4 – Incidência Média de Radiação Solar na Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de RETScreen (2007)

Nota-se que, com a inclinação do coletor solar nas condições citadas, há aumento da radiação solar incidente nos meses mais frios, quando a demanda de água quente é maior, e há diminuição nos meses mais quentes, quando se necessita de menos água quente.

4.2 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste trabalho, todas as frações solares foram obtidas considerando um modelo de coletor solar certificado pelo INMETRO³¹, com eficiência térmica de 58,4% e 1,6 m² de área transparente. Foram consideradas duas temperaturas de armazenamento ao longo do ano: 45°C para os meses de inverno (junho a setembro) e 40°C para os demais meses³².

Não foi considerado aumento da posse média de chuveiros elétricos, pois, sendo um equipamento de grande utilização na região Sudeste, seu nível de saturação³³ é alto e não se esperam aumentos. Também não foi considerada a variação do tempo de banho em função da renda familiar, pois, independente da renda o tempo médio total de banho gira em torno de 12 minutos, considerando 1,5 banhos, por habitante (PPE/COPPE/UFRJ, 2007). A vazão do chuveiro, segundo a Norma NBR 7198/82 (ABNT), é de 7,2 litros, por minuto, e o número médio de habitantes,

³¹ O documento do INMETRO relativo ao ensaio do coletor solar pode ser visto em Sleman (2006).

³² Nos meses mais quentes, a temperatura desejada para o banho é menor.

³³ Conforme visto no capítulo 2, a posse média de chuveiros elétricos na região Sudeste é de 1,11, ou seja, em cada 100 domicílios encontram-se 111 chuveiros elétricos.

por domicílio, na região Sudeste, é de 3,3 (IBGE, 2006). Assim, estima-se que o número médio de banhos nos domicílios da região Sudeste seja de, aproximadamente, 5 banhos de 8 minutos, por domicílio.

Considerando o aumento do conforto e, conseqüentemente, o possível aumento do tempo médio de banho, foram considerados três volumes de reservatórios nos cálculos de fração solar: 300 litros para banhos de 8 minutos, 400 litros para banhos de 11 minutos e 500 litros para banhos de 15 minutos.

Foram consideradas três áreas coletoras nos cálculos de fração solar: 3,2 m² (2 placas), 4,8 m² (3 placas) e 6,4 m² (4 placas). Para os domicílios com renda familiar de até 10 salários mínimos, foram considerados sistemas com 2 e 3 placas, e para domicílios com renda familiar acima de 10 salários mínimos, foram considerados sistemas com 3 e 4 placas.

Como as variáveis tempo de banho e posse de equipamentos são consideradas constantes, o aumento do consumo de eletricidade, devido ao uso do chuveiro elétrico na região Sudeste, é atribuído ao crescimento do número de domicílios. A projeção de domicílios até o ano de 2030 (Tabela 4.1) tem como base a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (IBGE, 2006) e a Matriz Energética Brasileira (PPE/COPPE/UFRJ, 2003)³⁴.

Tabela 4.1 – Projeção de Domicílios na Região Sudeste até 2030

Domicílios	2005	2006	2007	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Total	23.198.938	23.746.585	24.019.129	24.294.622	24.854.570	26.729.620	28.543.889	30.325.563	32.114.535
Até 1 s.m.	9,3%	8,8%	8,8%	8,8%	8,8%	8,8%	8,7%	8,7%	8,6%
Mais de 1 a 2 s.m.	17,8%	18,8%	19,0%	19,1%	19,4%	20,1%	20,8%	21,5%	22,2%
Mais de 2 a 3 s.m.	15,8%	17,7%	17,8%	17,9%	18,1%	18,7%	19,2%	19,7%	20,3%
Mais de 3 a 5 s.m.	22,7%	22,1%	22,1%	22,1%	22,1%	22,0%	21,9%	21,8%	21,7%
Mais de 5 a 10 s.m.	20,9%	20,0%	19,9%	19,8%	19,5%	18,8%	18,2%	17,5%	16,9%
Mais de 10 a 20 s.m.	9,1%	8,6%	8,5%	8,5%	8,3%	8,0%	7,7%	7,4%	7,0%
Mais de 20 s.m.	4,4%	3,9%	3,9%	3,8%	3,8%	3,6%	3,5%	3,4%	3,3%

Fonte: Elaboração própria a partir de PNAD/IBGE (2006) e COPPE/UFRJ (2003)

4.3 O MERCADO DE AQUECEDORES SOLARES

Em 2005, 0,62% dos domicílios da região Sudeste utilizavam aquecedores solares para aquecimento de água. Este percentual corresponde a cerca de 150 mil domicílios e representa 74% dos domicílios que possuem aquecedores solares no Brasil, conforme mostrado na Tabela 4.2.

³⁴ Nesse trabalho não foi admitida a hipótese de variação no número de moradores por domicílio, que de certa maneira afetaria o número de horas de utilização do chuveiro elétrico.

As regiões Norte e Nordeste não possuem números representativos de domicílios com o equipamento instalado (PUC-Rio, 2005).

Tabela 4.2 – Domicílios com Aquecedores Solares no Brasil em 2005

REGIÃO	Nº de Domicílios	Participação
Sudeste	147.442	74,0%
Centro-oeste	26.598	13,4%
Sul	25.172	12,6%
TOTAL	199.213	100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir de PUC-Rio (2005)

Segundo Fantinelli (2006), o mercado de aquecedores solares está voltado, essencialmente, para as classes de renda mais altas, e os sistemas mais comercializados são os de 6m² a 7m² de área coletora com reservatório térmico de 500 litros.

Estudos realizados por Fraidenrach (2002) determinaram uma estimativa sobre o desenvolvimento do mercado de aquecedores solares no Brasil para as próximas décadas, com um crescimento médio de 10,2% ao ano para sistemas instalados.

4.3.1 PROJEÇÃO DE DEMANDA DE ELETRICIDADE E ENERGIA CONSERVADA

As reduções no consumo de eletricidade e de potência média no horário de ponta, devido ao aumento do número de domicílios com aquecedores solares, mostradas na Tabela 4.3, foram obtidas considerando-se um cenário em que o mercado de aquecedores solares não receberá incentivo governamental, crescerá, anualmente, 10,2% e atenderá somente domicílios com renda familiar acima de 10 salários mínimos. O sistema de aquecimento considerado na projeção possui 6,4 m² de área coletora e reservatório térmico de 500 litros. A fração solar média obtida foi de 86,2%.

Tabela 4.3 – Energia Conservada e Redução de Potência no Horário de Ponta Devido à Instalação de Aquecedores Solares

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Total de Domicílios na Região Sudeste	23.817.548	24.558.995	24.840.034	25.124.077	25.411.153	25.701.290	27.634.732	29.503.825	31.337.613	33.177.221
Domicílios com renda superior a 10 s.m.	3.119.050	2.969.870	2.980.864	2.991.779	3.002.614	3.013.366	3.114.983	3.194.766	3.257.206	3.307.484
Domicílios com aquecedores solares	147.442	162.481	179.054	197.318	217.444	239.623	389.437	632.914	1.028.615	1.671.710
Percentual em relação a domicílios com renda superior a 10 s.m.	4,7%	5,5%	6,0%	6,6%	7,2%	8,0%	12,5%	19,8%	31,6%	50,5%
Percentual em relação ao total de domicílios na região Sudeste	0,6%	0,7%	0,7%	0,8%	0,9%	0,9%	1,4%	2,1%	3,3%	5,0%
Energia Conservada (GWh)	106	117	129	142	156	172	280	455	739	1201
Redução Média de Potência no Horário de Ponta (MW)	58	64	70	77	85	94	153	248	404	656

Fonte: Elaboração própria a partir de Fraidenrach (2002), PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006)

Destaca-se que, em 2030, supõe-se que 50,5% dos domicílios com renda superior a 10 salários mínimos possuirão aquecedores solares. Isto representará cerca de 1200 GWh de energia conservada e 650 MW de redução média de potência no horário de ponta. A comparação entre as curvas de carga, em 2005 e 2030, é mostrada na Figura 4.5. A demanda de potência no horário de ponta reduzirá em cerca de 40%, apesar do número de domicílios com renda superior a 10 salários mínimos aumentar apenas cerca de 6% no período de 2005 a 2030. Esta redução equivaleria, por exemplo, ao desligamento de uma usina como a termelétrica de Santa Cruz, que possui capacidade instalada de 600 MW.

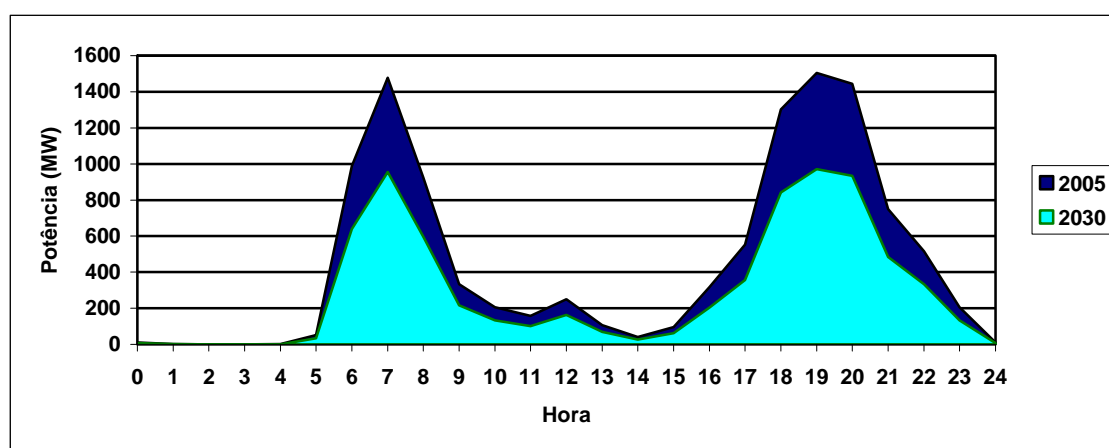


Figura 4.5 - Curva de Carga Devido ao Aquecimento de Água em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 10 Salários Mínimos

Fonte: Elaboração própria a partir de Fraidenrach (2002), PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006)

Porém, apesar de cerca de 50% dos domicílios com renda familiar de mais de 10 salários mínimos possuírem aquecedores solares em 2030, o percentual de domicílios com aquecedores solares em relação ao total de domicílios da região Sudeste será de apenas 5% no mesmo ano.

Assim, a projeção do consumo de eletricidade, por faixa de renda, devido ao aquecimento de água, pode ser observada na Figura 4.6.

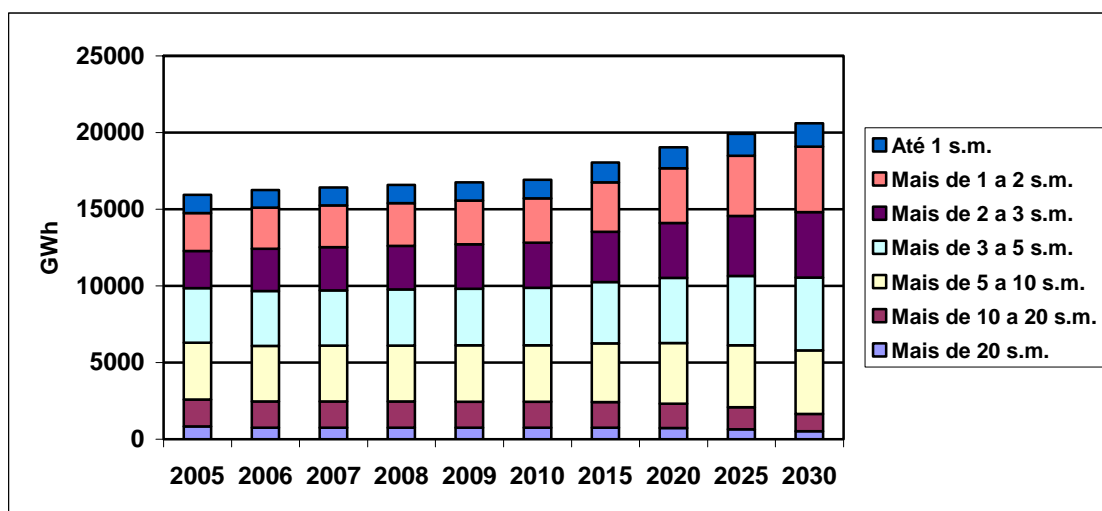


Figura 4.6 – Projeção do Consumo de Eletricidade Devido ao Aquecimento de Água na Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de Fraidenschach (2002), PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006)

Mesmo havendo redução nas classes acima de 10 salários mínimos, o consumo de eletricidade com o aquecimento de água aumentará cerca de 1000 GWh a cada cinco anos, no período de 2005 a 2030, devido ao aumento de consumo nas demais faixas de renda familiar. Além disso, a demanda no horário de ponta crescerá cerca de 20% no mesmo período, conforme mostrado na Figura 4.7.

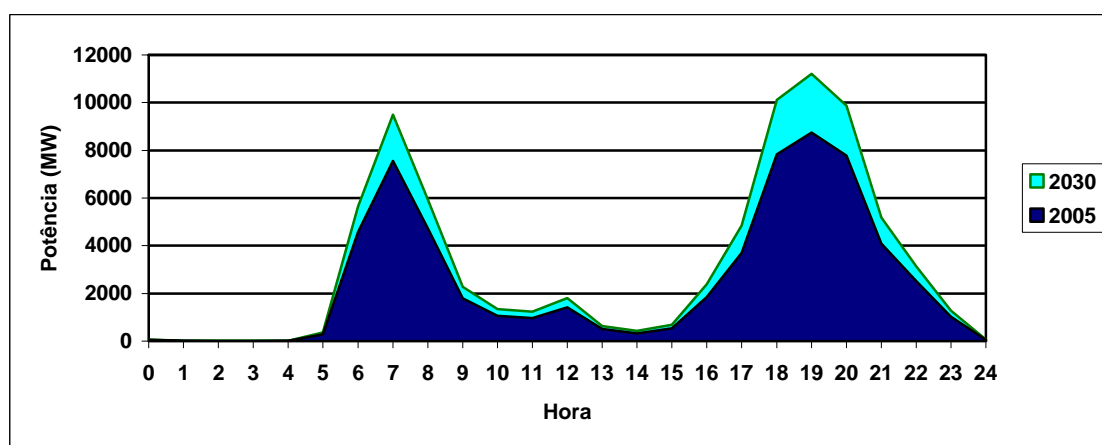


Figura 4.7 – Curva de Carga Devido ao Aquecimento de Água na Região Sudeste

Fonte: Elaboração própria a partir de Fraidenschach (2002), PPE/COPPE/UFRJ (2007) e IBGE (2006).

Por ser um sistema de custo elevado, os aquecedores solares não têm penetração relevante nos domicílios com renda familiar inferior a 10 salários mínimos. São poucas as linhas de financiamento existentes, e as concessionárias e órgãos governamentais não implementam programas

abrangentes de GLD ou de eficiência energética nos domicílios de baixa renda (Fantinelli, 2006). Na próxima seção, é feita uma análise do período de retorno do aquecedor solar, em função do tipo de sistema e faixa de renda familiar.

4.4 O CUSTO DOS AQUECEDORES SOLARES E O PERÍODO DE RETORNO DO INVESTIMENTO

Um levantamento feito entre os principais fabricantes de aquecedores solares³⁵ mostrou que o menor preço de um coletor solar de 1,6 m² é de R\$ 430,00, e os menores preços encontrados de reservatórios de 300, 400 e 500 litros foram R\$ 1070,00, R\$ 1240,00 e R\$ 1380,00, respectivamente³⁶. O custo aproximado de instalação em domicílios existentes é de R\$500,00. Assim, a Tabela 4.4 mostra 9 sistemas de aquecimento solar e seus respectivos preços para instalação em domicílios existentes e domicílios novos. A diferença de preços entre domicílios existentes e novos é devida aos custos adicionais de instalação em domicílios existentes.

Tabela 4.4 – Custo dos Aquecedores Solares

Reservatório	Área Coletora	Investimento Inicial (R\$)	
		Domicílios Existentes	Domicílios Novos
300 litros	3,2 m ²	2430,00	1930,00
	4,8 m ²	2860,00	2360,00
	6,4 m ²	3290,00	2790,00
400 litros	3,2 m ²	2600,00	2100,00
	4,8 m ²	3030,00	2530,00
	6,4 m ²	3460,00	2960,00
500 litros	3,2 m ²	2740,00	2240,00
	4,8 m ²	3170,00	2670,00
	6,4 m ²	3600,00	3100,00

Fonte: Elaboração própria

A seguir, são apresentadas as frações solares médias anuais de cada sistema de aquecimento solar³⁷, de acordo com a faixa de renda familiar. Buscando-se sistemas de custo menor para domicílios com renda familiar de até 10 salários mínimos, foram analisados sistemas com áreas coletoras de 3,2 m² (2 placas) e 4,8 m² (3 placas). Para domicílios com renda superior a 10 salá-

³⁵ Foram consultados os fabricantes Heliotek, Soletrol, Cumulus e Transsen, em novembro de 2007.

³⁶ Considerados apenas equipamentos com etiqueta “A” do INMETRO.

³⁷ Média ponderada com o número de domicílios de cada faixa de renda familiar em cada estado.

rios mínimos, onde o aumento de conforto no banho tem peso maior na decisão de compra, foram analisadas áreas coletoras de 4,8 m² (3 placas) e 6,4 m² (4 placas).

Com a finalidade de observar a eficiência dos sistemas em função do aumento do tempo de banho, foram considerados sistemas com reservatórios de 300, 400 e 500 litros, para banhos de 8, 11 e 15 minutos, respectivamente, nos domicílios de todas as faixas de rendimentos. Os resultados são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Frações Solares Médias Anuais

Renda Familiar	Reservatório 300 litros			Reservatório 400 litros			Reservatório 500 litros		
	Área Coletora			Área Coletora			Área Coletora		
	3,2 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²
Até 1 s.m.	73,6%	97,3%	-	62,7%	92,0%	-	54,1%	84,2%	-
Mais de 1 a 2 s.m.	73,3%	97,2%	-	62,5%	91,8%	-	53,9%	83,9%	-
Mais de 2 a 3 s.m.	72,3%	96,8%	-	61,5%	91,2%	-	53,0%	83,0%	-
Mais de 3 a 5 s.m.	80,5%	96,6%	-	60,7%	84,7%	-	59,1%	76,3%	-
Mais de 5 a 10 s.m.	79,6%	96,2%	-	59,8%	83,9%	-	58,2%	75,4%	-
Mais de 10 a 20 s.m.	-	96,2%	99,8%	-	84,0%	91,9%	-	75,6%	86,2%
Mais de 20 s.m.	-	96,3%	99,8%	-	84,2%	92,0%	-	75,8%	86,3%

Fonte: Elaboração própria

Observa-se, nos domicílios com faixas de renda familiar de até 10 salários mínimos, a elevação, em até 30%, das frações solares, quando há aumento na área coletora de 3,2 m² (2 placas) para 4,8 m² (3 placas), para um mesmo volume de reservatório. Já nos domicílios com renda familiar acima de 10 salários mínimos, o aumento da área coletora de 4,8 m² (3 placas) para 6,4 m² (4 placas) resulta em uma elevação percentual menor da fração solar (até cerca de 10%). Destaca-se, porém, a redução da fração solar de acordo com o aumento do volume do reservatório, mantendo-se a mesma área coletora.

A partir destas observações, conclui-se que sistemas de aquecimento solar, com áreas coletoras pequenas e volumes de reservatório grandes, são sub-dimensionados, ou seja, não possuem eficiência energética adequada. Um exemplo é o sistema com área coletora de 3,2 m² e reservatório de 500 litros, onde a fração solar, em todas as faixas de renda familiar consideradas, ficou abaixo de 60%. Já sistemas com grandes áreas coletoras e reservatórios pequenos podem se mostrar sobre-dimensionados. É o caso do sistema com 6,4 m² de área coletora e reservatório de 300 litros, considerado nas faixas de renda familiar acima de 10 salários mínimos, onde a adição de

mais uma placa coletora ao sistema (antes com 4,8 m²), para se obter um aumento de cerca de 4% na fração solar, pode não ser economicamente atrativa³⁸.

Para se proceder a análise do potencial de conservação de energia elétrica é necessário avaliar se variáveis relativas ao custo médio anual de eletricidade por faixa de renda. A Tabela 4.6 apresenta o consumo e o custo médio anual de eletricidade, por faixa de renda familiar, devido ao uso do chuveiro elétrico, na região Sudeste.

Tabela 4.6 – Consumo e Custo Médio Anual de Eletricidade por Domicílio, Devido ao Uso do Chuveiro Elétrico, na Região Sudeste

Renda Familiar	Consumo Médio Anual por Domicílio (kWh)	Tarifa de Eletricidade (R\$/kWh)	Custo Médio Anual (R\$)
Até 1 salário mínimo	549,48	0,23	128,03
Mais de 1 a 2 salários mínimos	601,32	0,23	140,11
Mais de 2 a 3 salários mínimos	654,48	0,44	287,97
Mais de 3 a 5 salários mínimos	680,64	0,44	299,48
Mais de 5 a 10 salários mínimos	762,60	0,44	335,54
Mais de 10 a 20 salários mínimos	833,52	0,49	404,26
Mais de 20 salários mínimos	826,20	0,49	400,71

Fonte: Elaboração própria

As tarifas de energia elétrica foram obtidas a partir da média ponderada praticada pelas concessionárias da região Sudeste, de acordo com o consumo e renda dos domicílios³⁹.(PPE/COPPE/UFRJ, 2007 e ANEEL, 2007).

A Tabela 4.7 mostra o consumo e o custo médio anual de eletricidade evitado, por domicílio, de acordo com a faixa de renda familiar e o sistema de aquecimento considerado.

³⁸ As frações solares médias mensais, para todas as faixas de renda familiar, encontram-se no Anexo III.

³⁹ Para maiores informações sobre a metodologia de determinação das tarifas médias, ver Aguiar (2006).

Tabela 4.7 – Consumo e Custo Médio Anual de Eletricidade Evitado por Domicílio na Região Sudeste

Reserva-tório	Área Coletora	Renda Familiar													
		Até 1 s.m.		Mais de 1 a 2 s.m.		Mais de 2 a 3 s.m.		Mais de 3 a 5 s.m.		Mais de 5 a 10 s.m.		Mais de 10 a 20 s.m.		Mais de 20 s.m.	
		Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)	Consumo Evitado (kWh/ano)	Custo Evitado (R\$/ano)
300 litros	3,2 m ²	404,29	94,20	440,87	102,72	473,11	208,17	547,58	240,93	606,91	267,04	-	-	-	-
	4,8 m ²	534,83	124,61	584,64	136,22	633,86	278,90	657,22	289,18	733,53	322,75	801,93	388,94	795,33	385,73
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	831,49	403,27	824,22	399,75
400 litros	3,2 m ²	344,79	80,34	375,74	87,55	402,39	177,05	413,49	181,93	456,37	200,80	-	-	-	-
	4,8 m ²	505,56	117,80	552,15	128,65	596,73	262,56	576,74	253,76	640,02	281,61	700,19	339,59	695,32	337,23
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	766,27	371,64	760,21	368,70
500 litros	3,2 m ²	297,46	69,31	324,05	75,50	346,65	152,53	402,13	176,94	444,20	195,45	-	-	-	-
	4,8 m ²	462,51	107,77	504,74	117,60	543,52	239,15	519,57	228,61	575,29	253,13	629,82	305,46	626,00	303,61
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	718,32	348,39	713,14	345,87

Fonte: Elaboração própria

Conforme o explicitado anteriormente, observa-se a variação do consumo evitado e, conseqüentemente, do custo evitado em função das frações solares médias de cada sistema, por faixa de renda familiar, apresentadas na Tabela 4.5.

Assim, em uma análise extremamente simplificada, a Tabela 4.8 apresenta os períodos médios de retorno de um possível investimento em aquecimento solar, em função da economia anual de energia elétrica, supondo-se que a compra do aquecedor solar seja feita à vista, ou financiada sem juros, e que não haja variação na tarifa de eletricidade⁴⁰.

Tabela 4.8 – Período Médio de Retorno do Investimento Desconsiderando Taxa de Juros e Variação no Valor da Tarifa de Eletricidade

Reserva-tório	Área Coletora	Renda Familiar													
		Até 1 s.m.		Mais de 1 a 2 s.m.		Mais de 2 a 3 s.m.		Mais de 3 a 5 s.m.		Mais de 5 a 10 s.m.		Mais de 10 a 20 s.m.		Mais de 20 s.m.	
		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)	
		Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos
300 litros	3,2 m ²	25,8	20,5	23,7	18,8	11,7	9,3	10,1	8,0	9,1	7,2	-	-	-	-
	4,8 m ²	23,0	18,9	21,0	17,3	10,3	8,5	9,9	8,2	8,9	7,3	7,4	6,1	7,4	6,1
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,2	6,9	8,2	7,0
400 litros	3,2 m ²	32,4	26,1	29,7	24,0	14,7	11,9	14,3	11,5	12,9	10,5	-	-	-	-
	4,8 m ²	25,7	21,5	23,6	19,7	11,5	9,6	11,9	10,0	10,8	9,0	8,9	7,5	9,0	7,5
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9,3	8,0	9,4	8,0
500 litros	3,2 m ²	39,5	32,3	36,3	29,7	18,0	14,7	15,5	12,7	14,0	11,5	-	-	-	-
	4,8 m ²	29,4	24,8	27,0	22,7	13,3	11,2	13,9	11,7	12,5	10,5	10,4	8,7	10,4	8,8
	6,4 m ²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,3	8,9	10,4	9,0

Fonte: Elaboração própria

Nota-se, principalmente nos domicílios com renda inferior a 2 salários mínimos, que o tempo médio de retorno para investimentos em aquecedores solares é bastante elevado, apesar

⁴⁰ É importante ressaltar que se essa análise trata-se de um exercício para mostrar a relevância do custo dos equipamentos e do valor da tarifa de energia.

das altas frações solares na maioria dos sistemas analisados. Isto se deve ao alto custo dos equipamentos e à tarifa de energia elétrica subsidiada para os domicílios de baixa renda.

Destaca-se, também, a redução do período médio de retorno do investimento quando se aumenta a área coletora de 3,2 m² para 4,8 m², para um mesmo volume de reservatório. Já o aumento de 4,8 m² para 6,4 m² mostra-se desvantajoso economicamente, devido ao pouco acréscimo na fração solar em relação ao custo de um coletor solar adicional. Provocando um aumento no período médio de retorno do investimento.

Portanto, o sistema que proporciona a melhor relação entre custo e economia de energia e, conseqüentemente, o menor tempo de retorno do investimento, no geral, é composto por 4,8 m² (3 placas) de área coletora e reservatório de 300 litros. No entanto, para garantir a eficiência deste sistema, é necessário que o tempo médio de banho, por habitante, se mantenha em 8 minutos, principalmente nos meses de inverno.

Considerando um aumento na tarifa de eletricidade de 10,33% ao ano, tendo como base o aumento médio anual no setor residencial nos últimos 10 anos (ANEEL, 2007), observa-se, na

Tabela 4.9, os períodos médios de retorno para o melhor sistema de aquecimento considerado.

Tabela 4.9 – Período Médio de Retorno do Investimento para o Sistema Mais Eficiente Considerando Aumento no Valor da Tarifa de Eletricidade

Renda Familiar	Retorno (anos)	
	Domicílios Existentes	Domicílios Novos
Até 1 s.m.	17,1	14,7
Mais de 1 a 2 s.m.	15,9	13,7
Mais de 2 a 3 s.m.	8,9	7,5
Mais de 3 a 5 s.m.	8,6	7,3
Mais de 5 a 10 s.m.	7,8	6,6
Mais de 10 a 20 s.m.	6,6	5,6
Mais de 20 s.m.	6,7	5,6

Nota: Considera-se uma taxa de desconto média de 6,76%, baseada nos índices de inflação (IPCA) dos últimos 10 anos.

Fonte: Elaboração própria

Nota-se que o menor período médio de retorno ocorre para domicílios novos com faixa de renda familiar acima de 10 salários mínimos.

No que se refere à compra de equipamentos, devido ao preço elevado, a aquisição de aquecedores solares, geralmente, é feita através de financiamentos específicos. A Tabela 4.10 mostra os períodos médios de retorno do investimento para o melhor sistema de aquecimento solar considerado, com 4,8 m² de área coletora e reservatório de 300 litros, financiado em até 60 meses. As taxas de juros baseiam-se em linhas de financiamento disponíveis atualmente no mercado, com exceção da taxa de 0,50% ao mês, que é baseada no Programa Carta de Crédito FGTS, implementado pela Caixa Econômica Federal, em 2001 (Pereira et al., 2003).

Tabela 4.10 – Período Médio de Retorno do Investimento para o Sistema Mais Eficiente Considerando Taxas de Juros e Aumento no Valor da Tarifa de Eletricidade

Renda Familiar	Taxa de Juros Mensal	Prazo de Financiamento									
		12 meses		24 meses		36 meses		48 meses		60 meses	
		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)		Retorno (anos)	
		Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos	Domicílios Existentes	Domicílios Novos
Até 1 salário mínimo	0,50%	17,8	15,4	18,2	15,8	18,6	16,1	19,0	16,5	19,4	16,9
	1,54%	19,5	16,9	20,8	18,1	22,1	19,3	23,4	20,4	24,6	21,6
	3,20%	22,4	19,6	25,2	22,1	27,9	24,6	30,7	27,2	33,3	29,6
Mais de 1 a 2 salários mínimos	0,50%	16,7	14,4	17,1	14,7	17,4	15,1	17,8	15,4	18,2	15,7
	1,54%	18,3	15,8	19,5	16,9	20,7	18,0	22,0	19,2	23,2	20,3
	3,20%	21,1	18,3	23,7	20,8	26,4	23,2	29,0	25,6	31,6	28,0
Mais de 2 a 3 salários mínimos	0,50%	9,4	7,9	9,6	8,1	9,8	8,3	10,1	8,6	10,3	8,8
	1,54%	10,4	8,8	11,2	9,5	12,0	10,2	12,8	10,9	13,6	11,7
	3,20%	12,2	10,4	14,0	12,0	15,9	13,6	17,7	15,3	19,6	17,0
Mais de 3 a 5 salários mínimos	0,50%	9,1	7,7	9,3	7,9	9,5	8,1	9,8	8,3	10,0	8,5
	1,54%	10,1	8,6	10,8	9,2	11,6	9,9	12,4	10,6	13,3	11,3
	3,20%	11,8	10,1	13,6	11,6	15,4	13,3	17,3	14,9	19,1	16,6
Mais de 5 a 10 salários mínimos	0,50%	8,3	7,0	8,5	7,2	8,7	7,3	8,9	7,5	9,1	7,7
	1,54%	9,2	7,8	9,9	8,4	10,6	9,0	11,4	9,7	12,1	10,3
	3,20%	10,8	9,2	12,5	10,6	14,2	12,1	15,9	13,7	17,6	15,2
Mais de 10 a 20 salários mínimos	0,50%	7,0	5,9	7,2	6,1	7,4	6,2	7,6	6,4	7,8	6,6
	1,54%	7,8	6,6	8,4	7,1	9,1	7,7	9,7	8,2	10,4	8,8
	3,20%	9,2	7,8	10,7	9,1	12,2	10,4	13,7	11,8	15,3	13,1
Mais de 20 salários mínimos	0,50%	7,1	5,9	7,2	6,1	7,4	6,3	7,6	6,4	7,8	6,6
	1,54%	7,9	6,6	8,5	7,2	9,1	7,7	9,8	8,3	10,5	8,9
	3,20%	9,3	7,9	10,8	9,1	12,3	10,5	13,8	11,8	15,4	13,2

Nota 1: Considera-se uma taxa de desconto média de 6,76%, baseada nos índices de inflação (IPCA) dos últimos 10 anos.

Nota 2: A taxa de juros de 1,54% baseia-se no programa de financiamento Construcard da Caixa Econômica Federal

Nota 3: A taxa de juros de 3,20% baseia-se no programa de financiamento CDC Aquecedor Solar do ABN AMRO REAL S.A.

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que, mesmo com o alto percentual de reajuste anual da tarifa de eletricidade, que favorece investimentos em eficiência energética, o período médio de retorno do investimento ainda se mostra alto para todas as faixas de renda familiar.

4.5 POTENCIAL TÉCNICO DE REDUÇÃO DO CONSUMO

O potencial técnico representa economias hipotéticas que ocorreriam se todos os equipamentos pudessem ser substituídos por outros mais eficientes. O potencial técnico indica quais esforços e investimentos devem ser feitos para criar meios de transformação no mercado consumidor (Jannuzzi, 1997).

Portanto, se todos os domicílios com chuveiros elétricos adquirissem o sistema de aquecimento solar mais eficiente, com 4,8 m² de área coletora e reservatório de 300 litros, em 2008, desconsiderando-se questões econômicas e financeiras e considerando-se condições ideais de

incidência de radiação e posicionamento do sistema, a redução do consumo de eletricidade para aquecimento de água seria conforme mostrado na Figura 4.8. O potencial de redução⁴¹ cresce devido ao aumento do número de domicílios ao longo do período.

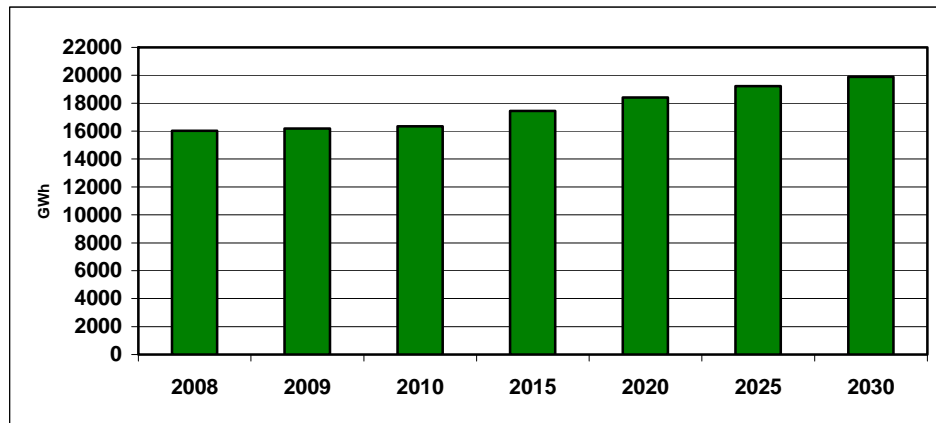


Figura 4.8 – Potencial de Redução Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água a Partir de 2008

Fonte: Elaboração própria

A Tabela 4.11 mostra o perfil de consumo de eletricidade para aquecimento de água, por faixa de renda, no período de 2005 a 2030, considerando a entrada de aquecedores solares, a partir de 2008, em todos os domicílios da região Sudeste. Nota-se o alto potencial de redução do consumo, devido à elevada fração solar do sistema considerado.

⁴¹ O potencial de redução é o consumo de eletricidade sem a entrada de aquecedores solares menos o consumo considerando-se a entrada de aquecedores solares a partir de 2008.

Tabela 4.11 – Consumo de Eletricidade para Aquecimento de Água, por Faixa de Renda Familiar

Renda Familiar	Consumo de Eletricidade (GWh)									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025	2030
Até 1 s.m.	1192	1153	1166	31	32	32	34	37	39	41
Mais de 1 a 2 s.m.	2489	2687	2738	77	79	80	89	99	109	119
Mais de 2 a 3 s.m.	2404	2750	2799	90	91	93	103	113	123	134
Mais de 3 a 5 s.m.	3581	3575	3614	126	127	129	138	147	155	163
Mais de 5 a 10 s.m.	3689	3626	3643	140	140	141	146	151	154	158
Mais de 10 a 20 s.m.	1756	1698	1696	61	61	61	63	65	66	67
Mais de 20 s.m.	836	760	759	27	27	27	28	29	30	30
TOTAL	15947	16249	16415	551	557	563	602	640	676	712

Fonte: Elaboração própria

A curva de carga do chuveiro elétrico pode ser observada na Figura 4.9. A demanda de potência diminuiria em torno de 96%.

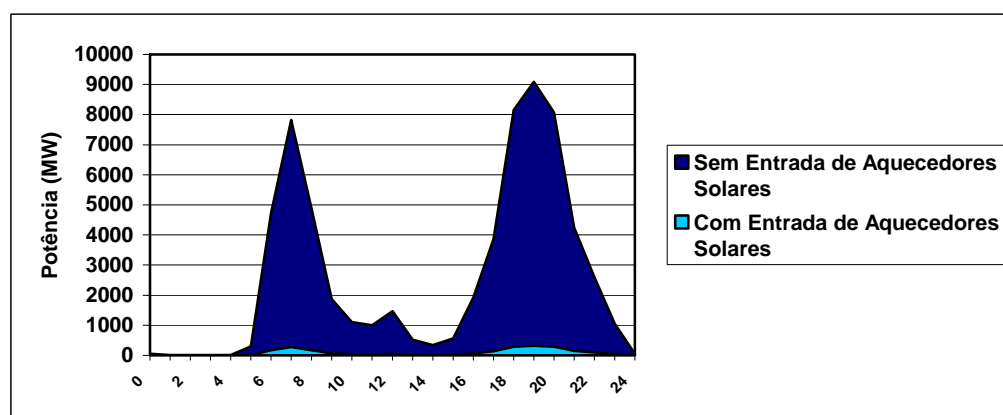


Figura 4.9 – Curva de Carga para Aquecimento de Água em 2008

Fonte: Elaboração própria

A Figura 4.10 mostra a demanda de potência, por faixa de renda, após a entrada de aquecedores solares em todos os domicílios da região Sudeste.

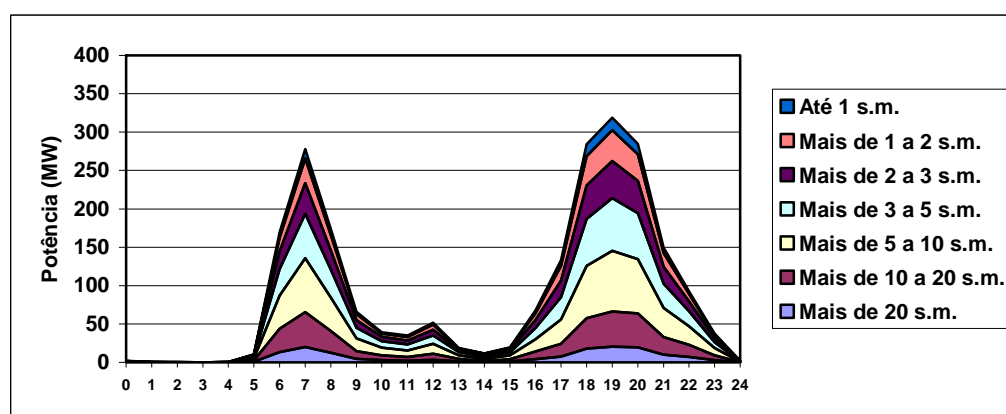


Figura 4.10 – Curva de Carga para Aquecimento de Água, por Faixa de Renda Familiar, em 2008

Fonte: Elaboração própria

A implementação em larga escala de aquecedores solares na região Sudeste depende de uma série de barreiras e fatores condicionantes, que não permite que o potencial técnico de redução do consumo de eletricidade para aquecimento de água seja plenamente alcançado, já que, entre outros, as decisões de adoção deste equipamento são fortemente influenciadas por critérios econômico-financeiros.

4.5.1 BARREIRAS QUE INVIABILIZAM O POTENCIAL TÉCNICO DE REDUÇÃO DO CONSUMO

O projeto de um sistema de aquecimento solar deve ser avaliado caso a caso. Fatores como orientação e inclinação do telhado, sombras na área de instalação dos coletores e área de instalação insuficiente em função da demanda de água quente (prédios com muitos andares, por exemplo), representam barreiras técnicas para a implementação de aquecedores solares (Moreira, 1985).

Não havendo barreiras técnicas relevantes, esbarra-se no alto custo dos equipamentos, pois são construídos com materiais nobres e de maneira artesanal, e despesas adicionais, como obras para instalação de tubulações de água quente em domicílios existentes. Assim, o mercado de aquecedores solares fica limitado a uma pequena parcela da população com condições financeiras para arcar com os custos iniciais dos sistemas. No Brasil, há isenção de IPI e ICMS para equipamentos de aquecimento solar, mas não subsídios de órgãos governamentais para a disseminação desta tecnologia (Sleman, 2006).

Outra barreira importante é a falta de conhecimento, da população em geral, sobre a tecnologia de aquecimento solar. Segundo a pesquisa descrita no capítulo 2, realizada pela PUC-Rio em 2005, 59% dos entrevistados conheciam ou ouviram falar de aquecedores solares para o banho e apenas 33% disseram que migrariam para este sistema. E ainda, 67% dos entrevistados consideraram o seu sistema de aquecimento de água eficiente em relação ao consumo de energia. Do total de entrevistados, 92% possuíam um ou mais chuveiros, ou outro sistema de aquecimento elétrico, em seus domicílios, o que mostra que o potencial técnico é, sem dúvida, elevado (PPE/COPPE/UFRJ, 2007).

CONCLUSÕES

Neste trabalho, foi realizado um estudo de análise técnico-econômica sobre a implementação de aquecedores solares na região Sudeste do Brasil, sob a ótica do consumidor final e considerando a tecnologia atualmente disponível no mercado.

O estudo mostrou que o chuveiro elétrico é o principal equipamento responsável pelo consumo de energia elétrica no setor residencial da região Sudeste, e contribui, significativamente, com a ponta do sistema elétrico brasileiro. Além disso, a eletricidade é vista como uma forma de energia muito nobre para ser utilizada de modo tão simples como no aquecimento de água para banho. Portanto, devem-se buscar alternativas para a produção de água quente residencial que reduza a ponta do sistema elétrico e traga benefícios sociais e ambientais, através da diminuição dos gastos com eletricidade e redução de investimentos em oferta.

Dadas as condições privilegiadas de incidência de radiação solar no Brasil, o aquecedor solar foi apresentado como uma alternativa de geração de energia térmica natural, silenciosa e sem emissão de resíduos de qualquer espécie, e que, praticamente, substitui o chuveiro elétrico, tornando este um sistema de aquecimento de água auxiliar, em caso de dias nublados ou chuvosos.

Porém, se considerado que o equipamento será adquirido nas condições econômicas e tecnológicas atuais do mercado e com os próprios esforços do consumidor, ou seja, sem nenhum auxílio ou subsídio por parte de agentes (governos e concessionárias), a análise do período de retorno mostra que o aquecedor solar ainda não é um investimento atrativo. Nos domicílios de baixa renda, onde a tarifa de energia elétrica é subsidiada, o investimento se mostra ainda menos atrativo. A principal razão é o alto custo do equipamento em relação ao retorno financeiro anual em energia conservada.

Deve-se considerar, ainda, o custo de oportunidade⁴² do investimento em aquecimento solar. De todos os casos analisados neste trabalho, o investimento que apresentou o menor período médio de retorno foi aquele em domicílios novos, nas faixas de renda familiar acima de 10 salários mínimos, considerando o pagamento à vista. No entanto, a aplicação do mesmo valor deste investimento inicial na caderneta de poupança, cujo rendimento médio nos últimos 5 anos foi de 9,17% ao ano (FEBRABAN, 2007), obteria, ao final do período previsto para o retorno do investimento no aquecedor solar (5,6 anos), um rendimento médio acumulado de 54,4%. Assim, considerando a taxa de crescimento anual da tarifa de energia elétrica em 10,33%, o investimento em aquecimento solar levaria mais 4 anos, aproximadamente, para superar o investimento em caderneta de poupança, que pode ser considerado como um investimento ao alcance de todas as faixas de renda.

No entanto, existem outras formas de aquisição de aquecedores solares pelo usuário final sem a necessidade de subsídio. Uma delas é o aquecedor solar de baixo custo. Construído de forma simples e com materiais mais baratos, seu custo inicial pode ser até 70% menor do que os aquecedores disponíveis atualmente no mercado (Oliva, 1999 e FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS, 2002). Isto não significa que o sistema apresentará baixa fração solar, mas mesmo que ocorra perda de eficiência, devido aos materiais empregados em sua fabricação, isto pode ser compensado com o aumento da área coletora do sistema.

Outra forma de aquisição é a inclusão do custo inicial do aquecedor solar no financiamento de um imóvel residencial em construção para as classes média e alta. O custo do equipamento se torna baixo, quando comparado ao valor do imóvel e pode ser facilmente embutido no financiamento.

O cenário técnico mostra que há espaço para grandes reduções no consumo de eletricidade para aquecimento de água na região Sudeste. Por exemplo, se programas abrangentes de eficiência energética e de GLD resultassem na redução do consumo em cerca de 30% do potencial técnico apresentado, isto significaria deixar de utilizar a potência de 2 usinas do porte de Angra 3.

Portanto, é de suma importância a intervenção de órgãos governamentais e concessionárias de energia elétrica para que os aquecedores solares de água tenham um papel relevante na redução do consumo de eletricidade na região Sudeste. Cabe aos órgãos governamentais a concessão

⁴² Custo de oportunidade é o que se deixa de ganhar com um determinado investimento ao se decidir por outro (Vasconcellos, 2002).

de incentivos para que a redução efetiva do consumo se aproxime, dentro do possível, do potencial técnico. Políticas de subsídio no preço dos aquecedores solares, em conjunto com campanhas educativas em diversos meios de comunicação, e incentivo à pesquisa e desenvolvimento do setor, visando redução de custos de produção e melhoria de eficiência dos produtos para viabilizar a instalação em espaços menores, são alguns exemplos de medidas para promover eficiência energética, através da instalação de aquecedores solares, no setor residencial da região Sudeste.

As concessionárias de energia elétrica também podem desempenhar um papel importante na redução do consumo de eletricidade. Programas de GLD para a implementação de aquecedores solares podem ter efeitos positivos, mesmo com a redução de receitas com a venda de energia, já que reduziriam a potência no horário de ponta e, conseqüentemente, investimentos para suprir a demanda de potência neste horário, que aumentam a capacidade ociosa do sistema no restante do dia, além dos custos com a compra de energia elétrica (mais cara) das usinas térmicas.

Outro aspecto positivo para as concessionárias seria o deslocamento do fornecimento de eletricidade, no caso de programas voltados para domicílios de baixa renda. Pode-se oferecer a energia, que seria fornecida aos consumidores que pagam tarifas subsidiadas, para novos consumidores, que pagam tarifa mais cara, sem a necessidade de novos investimentos.

Por fim, também tenderiam a se reduzir os níveis de inadimplência e furtos de energia elétrica, melhoria da imagem das empresas e dos índices de satisfação desta perante os consumidores, além de proporcionar uma redução de custos do uso “aquecimento de água”, gerando faturas menores. Além disso, haveria a redução da necessidade de potência no horário de ponta e a energia adquirida pela concessionária se tornaria mais baixa, permitindo oferecê-la a tarifas mais baixas para todos os consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. C. J. “Consumidor residencial de energia elétrica: uma análise quanto ao perfil, às mudanças comportamentais e ao potencial de conservação de energia elétrica. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Economia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2006.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Informações Técnicas. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/tarifamedia/Default.cfm>. Acesso em novembro de 2007.

_____. “Atlas de Energia Elétrica do Brasil”. 2ª Edição. Brasília, DF, 2005.

BANCO REAL. Disponível em: <http://www.bancoreal.com.br>. Acesso em novembro de 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br>. Acesso em novembro de 2007.

CAMPOS, A. “Gerenciamento Pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso” 2004. 94 p. Dissertação (Mestrado). Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia (EP, FEA, IEE, IF) da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

CUMULUS. Disponível em <http://www.cumulus.com.br>. Acesso em novembro de 2007.

DELGADO, R.M. “Demand-Side Management Alternatives”, Proceedings of the IEEE, vol. 73(10), p. 1471-1488, 1985

FANTINELLI, J. T. “Análise da evolução de ações na difusão do aquecimento solar de água para habitações populares: Estudo de caso em Contagem – MG”. 2006. 294 p. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS. “Desenvolvimento de Sistemas Termossolares para Aplicação em Regiões Rurais e Urbanas no Estado de Minas Gerais – Sub-projeto 1 – Coletor Solar de Baixo Custo”, FAPEMIG/GREEN/PUCMINAS, Belo Horizonte, MG, 2002.

FEBRABAN – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE BANCOS. Disponível em: <http://www.febraban.org.br>. Acesso em novembro de 2007.

FRAIDENRACH, N. “Tecnologia solar no Brasil: os próximos 20 anos”. In: Sustentabilidade na

geração e uso de energia no Brasil: os próximos vinte anos, 2002, Campinas. Anais. Campinas: Academia Brasileira de Ciências-Unicamp, 2002.

GELLER, H. S. “Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável” - Rio de Janeiro, RJ: Relume Dumará, 2003.

GELLINGS, C.W. “The Concept of Demand-Side Management for Electric Utilities”, Proceedings of the IEEE, vol. 73(10), p. 1468-1470, 1985.

GRIMM, A. M. “Meteorologia Básica – Notas de Aula”, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 1999.

HELIOTEK. Disponível em: <http://www.heliotek.com.br>. Acesso em outubro de 2007.

HODUM R. “Kunming Heats Up as China’s Solar City” Worldwatch Institute, 2007 Disponível em: <http://www.worldwatch.org/node/5105> . Acesso em novembro de 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2001 a 2006. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/default.asp>. Acesso em setembro de 2007.

JANNUZZI, G. de M.; JOEL N. P. S. “Planejamento Integrado de Recursos Energéticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis” – Campinas, SP: Autores Associados, 1997

MELO, C. A. “Mecanismos para Promover a Eficiência Energética: Substituição de Refrigeradores no Brasil”. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2007

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO SOCIAL E COMBATE À FOME – MDS. Disponível em <http://www.mds.gov.br>. Acesso em novembro de 2007.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. “Balanço Energético Nacional 2004 - BEN 2004 – Ano Base 2003”.

_____. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Balanço Energético Nacional 2007 - BEN 2007 – Ano Base 2006”.

_____. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Informe à Imprensa – Mercado de Energia Elétrica – Abril 2007”.

_____. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. “Mercado de Energia Elétrica 2006 – Brasil, regiões e classes de consumo”

MINISTÉRIO DE RECURSOS NATURAIS DO CANADÁ. RETScreen International: Clean Energy Project Analysis Software. Versão 4.0. Canadá, 1997-2007. Disponível em <http://www.etscreen.net>. Acesso em agosto de 2007.

MOREIRA, J. G. de S. “Energia Solar no Brasil: O uso de coletores planos para o aquecimento de água”. 1985. 261 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Nuclear e Planejamento Energético). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.

OLIVA, G. A. “Utilização de Aquecedores Solares de Baixo Custo em Programas de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD)”, XV SNPTEE, 1999

PEREIRA, E. M. D.; DUARTE, L. O. M.; PEREIRA, L. T.; FARIA, C. F. da C. Energia Solar Térmica. In: TOLMASQUIM, M. T. (org), 2003. “Fontes Renováveis de Energia no Brasil”. Ed. Interciência, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

PPE/COPPE/UFRJ. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Programa de Planejamento Energético. Matriz energética brasileira 2023, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2003.

_____. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia. Programa de Planejamento Energético. Modelo de análise de potencial de redução no consumo de eletricidade. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

SANTOS, M. M. F. dos; ROSA, L. P. “Substituição da Energia Elétrica por Energia Solar para Aquecimento de Água em Residências e Hotéis: O Caso de Campos”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, IX., 2002, Anais. Rio de Janeiro: COPPE; Clube de Engenharia; SBPE, 2002. vol. IV, p. 1728-1735.

SLEMAN, A. C. B. “Análise da Viabilidade Econômica da Utilização de Aquecedores Solares de Água em Resorts no Nordeste do Brasil”. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Planejamento Energético, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

SOLETROL. Disponível em: <http://www.soletrol.com.br>. Acesso em outubro de 2007.

TIBA C. et al. “Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres”. Ed. Universitária da UFPE. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2000.

TRANSEN AQUECEDOR SOLAR. Disponível em: <http://www.transen.com.br>. Acesso em novembro de 2007.

VASCONCELLOS, M. A. S; GARCIA, M. E. “Fundamentos de Economia”. São Paulo, SP: Saraiva, 2002.

ANEXO I

QUESTIONÁRIO

ELETOBRÁS / PROCEL - IEPUC / ECOLUZ
PESQUISA DE POSSE DE ELETRODOMÉSTICOS E HÁBITOS DE CONSUMO

QUESTIONÁRIO 1: RESIDENCIAL - BT

1. IDENTIFICAÇÃO:

1.1 – Nº QUEST. _____

1.2 – ENTREVISTADOR: _____

1.3 – ENTREVISTADO: _____

1.4 – ENDEREÇO: _____

1.5 – BAIRRO/CIDADE: _____ 1.6 – REGIÃO: _____

1.7 – TELEFONE: _____ 1.8 – DATA DA ENTREVISTA: ____/____/____

1.9 – HORA DE INÍCIO DA ENTREVISTA: ____ : ____

1.10 – LISTE AS PESSOAS QUE MORAM NESTE DOMICÍLIO, ESPECIFICANDO GRAU DE PARENTESCO OU RELAÇÃO COM O(A) CHEFE DA FAMÍLIA, IDADE, SEXO, NÍVEL DE INSTRUÇÃO E PERÍODO HABITUAL DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO:

OBS.1: Hoje a terminologia é ensino fundamental (1ª a 8ª série) e ensino médio (1ª a 3ª série do 2º grau)

OBS.2: Criança de até 7 anos, é considerada no nível de instrução, como primário incompleto

MEMBRO	CONDIÇÃO NO DOMICÍLIO (1)	IDADE	SEXO	NÍVEL DE INSTRUÇÃO (2)	PERÍODO HABITUAL DE PERMANÊNCIA NO DOMICÍLIO			
			F - 1 M - 2		M	T	N	MA
1)								
2)								
3)								
4)								
5)								
6)								
7)								
8)								
9)								
10)								

CHAMADA: (1)

- (1) CHEFE DA FAMÍLIA
- (2) CÔNJUGE/COMPANHEIRO(A)
- (3) FILHO

- (4) OUTRO PARENTE
- (5) AGREGADO
- (6) PENSIONISTA

- (7) EMPREGADO DOMÉSTICO
- (8) PARENTE DE EMPREGADO
- (9) HÓSPEDE

CHAMADA: (2)

- (1) ATÉ PRIMÁRIO INCOMPLETO
- (2) ATÉ GINASIAL INCOMPLETO

- (4) ATÉ SUPERIOR INCOMPLETO
- (5) CURSO SUPERIOR COMPLETO

(3) ATÉ COLEGIAL INCOMPLETO

(6) ANALFABETO

1.11 – O RELÓGIO (MEDIDOR) SERVE SÓ A ESTE DOMICÍLIO? 1. SIM 2. NÃO

1.12 – QUANTO TEMPO VOCÊS (FAMÍLIA) MORAM NESTE DOMICÍLIO? ANOS MESES

1.13 – QUAL O TEMPO APROXIMADO DE CONSTRUÇÃO DO IMÓVEL? ANOS

2. CARACTERIZAÇÃO DO DOMICÍLIO

2.1 – TIPO DE DOMICÍLIO:

1. CASA 2. APARTAMENTO / ANDARES: _____ 3. OUTRO, QUAL:

2.2 – PAREDE EXTERNA:

1. ALVENARIA REVESTIDA EXTERNAMENTE 2. ALVENARIA REVESTIDA EXT/INT
3. MADEIRA 4. PALHA 5. MATERIAL APROVEIT.
6. TAIPA NÃO REVESTIDA 7. OUTRO, QUAL:

2.3 – JANELAS (esquadrias):

1. MADEIRA 2. FERRO 3. ALUMÍNIO
4. OUTRO, QUAL:

2.3.1 – OS VIDROS DAS JANELAS SÃO COLORIDOS OU RECEBEM PELÍCULAS?

1. SIM 2. NÃO

2.3.2 – HÁ PROTEÇÃO DO TIPO VENEZIANA PARA AS JANELAS?

1. SIM 2. NÃO

2.4 – PISO:

1. MADEIRA 2. CERÂMICA 3. CIMENTO
4. MATERIAL APROVEIT. 5. TIJOLO 6. TERRA
7. OUTRO, QUAL:

2.5 – COBERTURA: (não deve ser respondido quando o tipo de domicílio for apartamento)

1. LAJE DE CONCRETO 2. TELHA DE BARRO 3. TELHA DE AMIANTO
4. ZINCO 5. MADEIRA 6. PALHA
7. MATERIAL APROVEIT. 8. OUTRO, QUAL:

3.2 – NESSA RESIDENCIA OCORREU NOS ÚLTIMOS TRÊS MESES:

OCORRÊNCIA	(1)
1. DUAS OU MAIS QUEIMAS DE LÂMPADAS	
2. DESLIGAMENTO/QUEIMA DE DISJUNTOR/FUSÍVEL	
3. REDUÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINAÇÃO/QUEDA DE TENSÃO	
4. CHOQUE ELÉTRICO EM ELETRODOMÉSTICOS	
5. AQUECIMENTO DA PAREDE	
6. OCORRE OUTROS PROBLEMAS DE ENERGIA? QUAIS:	

CHAMADA: (1)

(1) SIM (2) NÃO (3) NÃO SABE

3.3 – CASO A COMPANHIA DE ELETRICIDADE OFEREÇA ENERGIA ELÉTRICA MAIS BARATA FORA DO PERÍODO DE 18:00 ÀS 21:00 HORAS, O(A) SR.(A) ESTARIA DISPOSTO(A) A REDUZIR O CONSUMO DE ENERGIA NESTE PERÍODO? (ESPONTÂNEA)

1. SIM 2. DEPENDE DO DESCONTO
3. NÃO 4. NÃO SABE

3.4 – E A ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SUA RUA É: (ESTIMULADA)

1. ÓTIMA 2. BOA 3. REGULAR
4. RUIM 5. PÉSSIMA 6. NÃO SABE

3.5 – NA SUA OPINIÃO, A ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SUA CIDADE É: (ESTIMULADA)

1. ÓTIMA 2. BOA 3. REGULAR
4. RUIM 5. PÉSSIMA 6. NÃO SABE

3.6 – NA SUA OPINIÃO, QUEM É O RESPONSÁVEL PELA ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SUA CIDADE?

1. PREFEITURA 2. GOVERNO 3. CONCESSIONÁRIA
4. OUTROS _____

4. ILUMINAÇÃO

4.1 – CARACTERÍSTICAS E HÁBITOS DE USO:

TIPO DE CÔMODO	LÂMPADAS		QUANTIDADE DE LÂMPADAS ACESAS POR PERÍODO (EVENTUAL X HABITUAL)																									
	Total	Tipo (1)	E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Sala de estar, Jantar e TV																												
Quarto 1																												
Quarto 2																												
Quarto 3																												
Quarto 4																												
Banheiro 1																												
Banheiro 2																												
Banheiro 3																												
Corredores																												
Copa/Cozinha																												
Área de Serviço																												
Garagem																												
Área Externa																												
Outras																												

CHAMADA: (1)

- (1) 25W – INCANDESCENTE
- (2) 40W – INCANDESCENTE
- (3) 60W – INCANDESCENTE
- (4) 100W – INCANDESCENTE

- (5) 150W – INCANDESCENTE
- (6) 20W – FLUORESCENTE TUBULAR
- (7) 40W – FLUORESCENTE TUBULAR
- (8) FLUORESCENTE COMPACTA ATÉ 15W

- (9) FLUORES. COMPACTA >15W
- (10) FLUORESCENTE CIRCULAR
- (11) DICRÓICA
- (12) OUTRO

NOTA: (1) Na sala e na copa/cozinha deve ser verificada a potência na própria lâmpada, nos demais cômodos essa medida pode ser feita por declaração.
 (2) Se não for possível identificar um horário habitual de uso marque um “X” apenas na coluna referente a uso eventual “E”.

NOTA: A ÚLTIMA COLUNA SE REFERE À POSIÇÃO DO APARELHO QUANDO O MESMO SE ENCONTRA DESLIGADO, OU SEJA, SE O ENTREVISTADO O DEIXA EM STAND-BY OU NÃO.

7.2 – HÁBITOS DE USO DE ACORDO COM O CLIMA NOS DIAS DE SEMANA E FINAIS DE SEMANA.

Nº DO AP.	USA O APARELHO NO CLIMA.....? (MARQUE UM "X")	GRAU DE UTIL (1)	TEMPO DE USO POR PERÍODO (marque um "X")																							
			E	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	QUENTE ()																									
	AMENO ()																									
	FRIO ()																									
2	QUENTE ()																									
	AMENO ()																									
	FRIO ()																									
3	QUENTE ()																									
	AMENO ()																									
	FRIO ()																									
4	QUENTE ()																									
	AMENO ()																									
	FRIO ()																									

CHAMADA: (1) (1) GRANDE – UTILIZA MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA
 (2) MÉDIA – DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA
 (3) REGULAR – DE 1 A 3 VEZES POR MÊS
 (4) PEQUENA – MENOS DE UMA VEZ POR MÊS
 (5) NENHUMA – NÃO UTILIZA

NOTA: DEVE SER EXCLUÍDO O PERÍODO EM QUE O CONDICIONADOR É UTILIZADO APENAS NA VENTILAÇÃO.
 NOTA.2: A COLUNA REFERENTE AO CLIMA, APRESENTA TEMPERATURAS ASSOCIADAS ÀS ESTAÇÕES DO ANO; COMO POR EXEMPLO: QUENTE – VERÃO / AMENO – PRIMAVERA OUTONO / FRIO – INVERNO.

8. TELEVISÃO

8.1 – CARACTERÍSTICAS:

Nº REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO		ESTIMATIVA DE IDADE DO APARELHO (em anos)	GRAU DE UTILIZAÇÃO (2)	STAND BY	
	MARCA (1)	TAMANHO (POLEGADAS)			SIM	NÃO
1						
2						
3						
4						
5						

CHAMADA: (1) VEJA NO CARTÃO 5

- CHAMADA: (2)** (1) GRANDE – UTILIZA MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA
 (2) MÉDIA – DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA
 (3) REGULAR – DE 1 A 3 VEZES POR MÊS
 (4) PEQUENA – MENOS DE UMA VEZ POR MÊS
 (5) NENHUMA – NÃO UTILIZA

NOTA: A ÚLTIMA COLUNA SE REFERE À POSIÇÃO DO APARELHO QUANDO O MESMO SE ENCONTRA DESLIGADO, OU SEJA, SE O ENTREVISTADO O DEIXA EM STAND-BY OU NÃO.

8.2 – HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV DE ACORDO COM O DIA DA SEMANA.

DIAS	Nº REF	HORÁRIOS DE USO DOS APARELHOS DE TV (marque um “X”)																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DIAS DE SEMANA	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
SÁBADO	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								
DOMINGO	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
	5																								

9. OUTROS ELETRODOMÉSTICOS

9.1 – POSSES E HÁBITOS DE USO:

APARELHO	QUANT	UTIL. (1)	STAND BY		APARELHO	QUANT	UTIL. (1)	STAND BY	
			S	N				S	N
1. APARELHO DE SOM					16. CAFETEIRA ELÉTRICA				
2. RÁDIO ELÉTRICO					17. PANELA ELÉTRICA				
3. VIDEO CASSETE					18. EXAUSTOR				
4. DVD					19. VENTILADOR DE TETO				
5. MICROCOMPUTADOR					20. CIRCULADOR / VENTILADOR				
6. IMPRESSORA					21. AQUECEDOR DE AMBIENTE				
7. VIDEO GAME					22. ENCERADEIRA				
8. FERRO					23. ASPIRADOR DE PÓ				
9. LAVA ROUPA					24. BOMBA D'ÁGUA				
10. LAVA LOUÇA					25. TORNEIRA ELÉTRICA				
11. SECADORA DE ROUPA					26. HIDROMASSAGEM				
12. FORNO MICROONDAS					27. VAPORETTO				
13. FORNO ELÉTRICO					28. VAP (PRESSUR. DE ÁGUA)				
14. LIQUIDIFICADOR					29. MÁQUINA DE COSTURA ELÉT.				
15. BATEDEIRA					30. TV POR ASSINATURA				

- CHAMADA: (1)** (1) GRANDE – UTILIZA MAIS DE 4 VEZES POR SEMANA
 (2) MÉDIA – DE 1 A 3 VEZES POR SEMANA
 (3) REGULAR – DE 1 A 3 VEZES POR MÊS
 (4) PEQUENA – MENOS DE UMA VEZ POR MÊS

(5) NENHUMA – NÃO UTILIZA

NOTA: A ÚLTIMA COLUNA SE REFERE À POSIÇÃO DO APARELHO QUANDO O MESMO SE ENCONTRA DESLIGADO, OU SEJA, SE O ENTREVISTADO O DEIXA EM STAND-BY OU NÃO.

NOTA.2: SE NO DOMICÍLIO HOUVER OUTRO(S) EQUIPAMENTO(S) COM O USO PELO MENOS “REGULAR” – 1 A 3 VEZES POR MÊS – ELE DEVE SER INCLUÍDO NA LISTA.

9.2 – HORÁRIOS DE USO DO:

- | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|
| (1) APARELHO DE SOM | (2) MICROCOMPUTADOR | (3) FERRO ELÉTRICO |
| (4) LAVA ROUPA | (5) LAVA LOUÇA | (6) SECADOURA DE ROUPA |
| (7) MICROONDAS | (8) FORNO ELÉTRICO | (9) TORNEIRA ELÉTRICA |

HORÁRIO	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS X DIAS DA SEMANA					
	SEGUNDA	TERÇA	QUARTA	QUINTA	SEXTA	DOMINGO
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

23						
----	--	--	--	--	--	--

NOTA: NOS ESPAÇOS DEVEM SER COLOCADOS OS NÚMEROS REFERENTES AOS EQUIPAMENTOS.

9.3 – QUAIS DOS SEGUINTE EQUIPAMENTOS FORAM COMPRADOS PARA ESTE DOMICÍLIO NOS ÚLTIMOS DOIS ANOS? INDIQUE O MÊS E O ANO DE AQUISIÇÃO?

GELADEIRA		FREEZER		LAVA ROUPA		LAVA LOUÇA		TV		AR CONDICIONADO	
MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO
COMPUTADOR		VIDEO CASSETE		APARELHO DE SOM		FORNO DE MICRO ONDAS		TORNEIRA ELÉTRICA		OUTRO, QUAL?	
MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO	MÊS	ANO

9.4 – PRETENDE COMPRAR ALGUM ELETRODOMÉSTICO NOS PRÓXIMOS SEIS MESES, PARA ESTE DOMICÍLIO; CASO SUA RENDA AUMENTE?

1. SIM – (PREENCHA TABELA ABAIXO IDENTIFICANDO NO **CARTÃO 6**)
2. NÃO

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CASO NÃO VÁ PARA A QUESTÃO 10

9.4.1 – CASO PRETENDA COMPRAR ALGUM DESTES ELETRODOMÉSTICOS, SENDO QUE JÁ POSSUA OUTRO DENTRO DE CASA, QUAL O DESTINO QUE VAI SER DADO PARA O ANTIGO?

APARELHO	DESTINO				
	JOGAR FORA	DAR PARA ALGUÉM	VENDER	FICAR COM OS DOIS	NÃO SABE
1. GELADEIRA					

2. AR CONDICIONADO					
3. FREEZER					
4. APARELHO DE SOM					

CASO NÃO PRETENDA COMPRAR NENHUM DESTES CITADOS (JÁ POSSUINDO OUTRO DENTRO DE CASA), PULAR PARA A PRÓXIMA QUESTÃO

10. AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA BANHO

10.1 – NESTA RESIDÊNCIA, COMO É REALIZADO O AQUECIMENTO DA ÁGUA PARA O BANHO?

AQUECIMENTO ELÉTRICO

1. CHUVEIRO ELÉTRICO
2. AQUECEDOR DE PASSAGEM (KDT)
3. BOILER
4. AQUECIMENTO CENTRAL
9. AQUECEDOR SOLAR
10. NÃO AQUECE (BANHO FRIO)

AQUECIMENTO A GÁS

5. GÁS DE RUA
6. GLP (GÁS DE BOTIJÃO)
7. BOILER
8. AQUECIMENTO CENTRAL

11. OUTRAS FORMAS DE AQUECIMENTO QUAL: _____

OBS.: ESTA QUESTÃO ADMITE RESPOSTAS MÚLTIPLAS

CHUVEIRO ELÉTRICO

(PREENCHA CASO POSSUA)

10.2 – CARACTERÍSTICAS:

Nº REFERÊNCIA DO APARELHO	TIPO DE APARELHO (1)	Nº DE PESSOAS QUE USAM	POSIÇÃO EM QUE SE ENCONTRA A CHAVE DO APARELHO			DURANTE OS MESES DE INVERNO A CHAVE FICA NA POSIÇÃO		
	CHUVEIRO		VERÃO	INVERNO	DESLIGADA	VERÃO	INVERNO	DESLIGADA
1								
2								
3								

CHAMADA: (1) VEJA NO CARTÃO 3

10.3 – HÁBITOS DE USO DO CHUVEIRO ELÉTRICO NOS DIAS DE SEMANA.

Nº REF	NÚMERO DE PESSOAS QUE USAM O CHUVEIRO ELÉTRICO NOS HORÁRIOS																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	

10.8.1 – O(A) SR.(A) MUDARIA SEU SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA DE BANHO, PARA SOLAR?

1. SIM 2. NÃO 3. NÃO SABE 4. DEPENDE DO CUSTO

10.9 - O(A) SR.(A). CONSIDERA SEU SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA EFICIENTE COM RELAÇÃO AO CONSUMO DE ENERGIA?

1. SIM 2. NÃO 3. NÃO SABE

11. DADOS SÓCIO-ECONÔMICOS

11.1 – ITENS DE CONFORTO FAMILIAR:

ITENS	QUANTIDADE	
BANHEIRO		
AUTOMÓVEL		ANO:
EMPREGADA DOMÉSTICA		SALÁRIO:

(SOMENTE PARA OS QUE POSSUEM AUTOMÓVEL – 11.1.1)

11.1.1 – UTILIZA O GNV (GÁS NATURAL VEICULAR) COMO COMBUSTÍVEL DO SEU AUTOMÓVEL?

1. SIM, EM QTS? _____ 2. NÃO CONHEÇO
3. NÃO, POIS ACHO INEFICIENTE
4. NÃO, POIS ACHO O CUSTO CARO
5. NÃO, POIS ACHO A INFRA-ESTRUTURA PRECÁRIA
6. NÃO, POIS ACHO PERIGOSO
7. NÃO, OUTROS MOTIVOS: _____

11.2 – RENDA FAMILIAR (Piso nacional de salários)

1. <1 6. 5 a 7 11. 30 a 40
2. 1 a 2 7. 7 a 10 12. >40
3. 2 a 3 8. 10 a 15 13. NÃO SABE
4. 3 a 4 9. 15 a 20 14. NÃO RESPONDEU
5. 4 a 5 10. 20 a 30

11.3 – NESTE DOMICÍLIO É FEITO ALGUM TIPO DE TRABALHO PARA SER COMERCIALIZADO? (VEJA NO **CARTÃO 7**)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
CASO NÃO SEJA FEITO NENHUM TIPO DE TRABALHO COM FIM COMERCIAL, VÁ PARA O ITEM 11.5.								

**11.4 – QUAIS SÃO OS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS UTILIZADOS NESTE(S) TRABALHO(S)?
(IDENTIFIQUE OS EQUIPAMENTOS NO CARTÃO 6)**

--	--	--	--

11.5 – REGIÃO DO DOMICÍLIO:

1. LUXO 2. CLASSE MÉDIA ALTA 3. CLASSE MÉDIA BAIXA
4. POBRE

11.6 – PRÓXIMO À FAVELA:

1. SIM 2. NÃO 3. NA FAVELA

11.7 – COMO O(A) SR.(A) CLASSIFICARIA O PESO DA CONTA DE LUZ NO SEU ORÇAMENTO FAMILIAR? (ESTIMULADA)

1. MUITO PESADO 2. PESADO 3. MAIS OU MENOS PESADO
4. POUCO PESADO 5. NADA PESADO 6. NÃO SABE AVALIAR

11.8 – DÊ UMA NOTA DE 0 A 10, COMPARANDO OS SERVIÇOS PRESTADOS PELAS SEGUINTE EMPRESAS:

EMPRESA DE ÁGUA		EMPRESA DE TELEFONIA		EMPRESA DE ENERGIA		NÃO SABE/NÃO CONHECE	
----------------------------	--	---------------------------------	--	-------------------------------	--	-------------------------------------	--

11.9 - ADOTANDO UMA ESCALA DE 10 PONTOS, ONDE O PONTO 1 INDICA QUE O(A) SR.(A) ACHA O PREÇO PAGO PELA ENERGIA ELÉTRICA MUITO BARATO E, O PONTO 10, QUE O(A) SR.(A) ACHA O PREÇO MUITO CARO. AVALIE OS SEGUINTE PONTOS:

ITENS	AVALIAÇÃO
1) PREÇO PAGO PELA ENERGIA ELÉTRICA	
2) CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA, CONSIDERANDO OS BENEFÍCIOS QUE ELA LHE OFERECE. COMO POR EXEMPLO, CONFORTO, COMODIDADE E SEGURANÇA	

NOTA: 11 – NÃO SABE AVALIAR
12 – NÃO RESPONDEU

12. RACIONAMENTO E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

12.1 – NESTA RESIDÊNCIA SÃO ADOTADAS MEDIDAS PARA ECONOMIZAR ENERGIA ELÉTRICA?

1. SIM 2. NÃO 3. NÃO SABE

12.2 – DESTAS MEDIDAS QUE VOU LHE APRESENTAR, GOSTARIA QUE O(A) SR.(A) ME INFORMASSE QUAIS FORAM ADOTADAS ANTES, DURANTE E DEPOIS DO RACIONAMENTO? E COMO O(A) SR.(A) COMPARA A UTILIZAÇÃO ATUAL DESTAS MEDIDAS EM RELAÇÃO À UTILIZAÇÃO DAS MESMAS DURANTE O RACIONAMENTO?

12.5.3 – SE NÃO CONTINUOU COM O USO DE LÂMPADAS FLUORESCENTES, SUBSTITUIDAS POR LÂMPADAS INCANDESCENTES COMUNS, FOI POR QUE?

1. PREÇO: MUITO CARO
2. NÃO DEU IMPORTÂNCIA PARA ECONOMIA DAS LÂMPADAS FLUORESCENTES
3. OUTRO, QUAL: _____

12.6 – COM O FINAL DO RACIONAMENTO O QUE O(A) SR.(A) FEZ EM RELAÇÃO AO: (ESTIMULADA)

APARELHOS	RESPOSTA (1)
1. GELADEIRA	() _____
2. AR CONDICIONADO	() _____
3. FREEZER	() _____
4. CHUVEIRO ELÉTRICO	() _____
5. MÁQUINA DE LAVAR	() _____
6. APARELHO EM STAND BY	() _____
7. MICROONDAS	() _____
8. LÂMPADAS	() _____
9. OUTRO. QUAL?	() _____

CHAMADA: (1)

- | | |
|--|-------------------------------------|
| (1) USO COMO ANTES DO RACIONAMENTO | (6) USO MAIS COMO PROTESTO |
| (2) USO MENOS DO QUE USAVA ANTES DO RACIONAMENTO | (7) NÃO TINHA ANTES, COMPREI DEPOIS |
| (3) CONTINUA DESLIGADO | (8) NÃO TENHO |
| (4) ME DESFIZ DESTA APARELHO | (9) OUTROS. QUAIS? |
| (5) TROQUEI POR OUTRO APARELHO MENOR E/OU MAIS EFICIENTE | |

NOTA: O ESPAÇO NA SEGUNDA COLUNA DENTRO DA TABELA, DEVE SER PREENCHIDO CASO O ENTREVISTADO RESPONDA AO ÍTEM **(9) OUTROS** DENTRO DA CHAMADA; ESPECIFICANDO ASSIM A FINALIDADE DECLARADA.

12.7 – COMO O(A) SR.(A) IDENTIFICA NOS APARELHOS ELETRODOMÉSTICOS O SEU CONSUMO DE ENERGIA?

1. ETIQUETA 2. SELO PROCEL 3. NÃO SABE 4. OUTROS

12.8 – ADOTANDO UMA ESCALA DE 10 PONTOS, ONDE O PONTO 10 INDICA QUE O(A) SR.(A) CONSIDERA MUITO IMPORTANTE, E O PONTO 1, QUE O(A) SR.(A) CONSIDERA MUITO POUCO IMPORTANTE. AVALIE A IMPORTÂNCIA DOS SEGUINTE ATRIBUTOS NO ATO DE COMPRA DE UM ELETRODOMÉSTICO:

1. _____ MARCA OU MODELO/ FABRICANTE 2. _____ PREÇO
 3. _____ CONSUMO MENSAL DE ENERGIA 4. _____ RECOMENDAÇÃO DO VENDEDOR

12.9 – O(A) SR.(A) CONHECE OS SELOS PROCEL (ENCONTRADO EM LÂMPADAS E ELETRODOMÉSTICOS)? (MOSTRAR SELO DO PROCEL)

1. SIM 2. NÃO

12.10 – SABE O QUE ELE REPRESENTA?

1. SIM 2. NÃO

12.11 – O(A) SR.(A) SABE O QUANTO PODE ECONOMIZAR MENSALMENTE OU ANUALMENTE COM ENERGIA COM A COMPRA DE PRODUTOS EFICIENTES?

1. SIM 2. NÃO

12.12 – COMO O(A) SR.(A) RECEBE INFORMAÇÕES SOBRE PRODUTOS EFICIENTES E DICAS SOBRE COMO ECONOMIZAR ENERGIA? QUAIS SÃO AS SUAS PRINCIPAIS FONTES?

1. TV 2. REVISTAS 3. JORNAIS
4. INTERNET 5. CONTAS DE LUZ 6. AMIGOS
7. NAS LOJAS, PELOS VENDEDORES 8. NÃO RECEBE INFORMAÇÕES
9. OUTROS, QUAIS: _____

ADMITE RESPOSTAS MÚLTIPLAS

12.13 – COMO É O SEU ACESSO À INTERNET?

1. NÃO TEM 2. PRÓPRIO 3. ASSOCIAÇÃO COMUNITÁRIA
4. TRABALHO 5. AMIGOS 6. OUTROS, QUAIS: _____

12.14 – QUAIS AS EMPRESAS, ORGANIZAÇÕES OU ENTIDADES QUE TRABALHAM E DIVULGAM A ECONOMIA DE ENERGIA NO BRASIL E QUAL A MAIS IMPORTANTE DESSE SETOR PARA O(A) SR.(A)? (ESPONTÂNEA)

EMPRESA	CONHECIMENTO		MAIS IMPORTANTE
	SIM	NÃO	
CONCESSIONÁRIA			
ELETOBRÁS			
PROCEL			
ANEEL			
OUTRAS, QUAIS: _____			

13. HORA DE TÉRMINO DA ENTREVISTA: _____ : _____

ANEXO II

METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA DE DOMICÍLIOS

METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DA AMOSTRA

O plano amostral foi elaborado para estimadores de proporções, considerando um procedimento de amostragem por conglomerados em dois estágios, admitindo-se um erro amostral máximo de 2,5% - dentro de um intervalo de confiança de 95% . Os conglomerados (no caso as cidades da área de concessão de cada concessionária) são inicialmente estratificados segundo o “perfil elétrico”. Isto é, para a estratificação utiliza-se a distribuição do consumo médio (consumo total dividido pelo número de consumidores) por 6 classes de consumo de energia elétrica, de tal forma a obter grupos homogêneos de conglomerados. A técnica utilizada para se encontrar os grupos homogêneos (estratos) foi a de Redes Neurais Artificiais mais especificamente o SOM (*Self Organizing Maps*). Para ajudar na seleção dos conglomerados a serem pesquisados dentro de cada estrato, utilizou-se o critério de minimização de uma medida de distância multivariada (Distância Euclideana) calculada entre o consumo médio (nas 6 faixas de consumo) de cada conglomerado e o centróide (conjunto de médias do grupo ou média multivariada) de cada agrupamento. Desta forma são escolhidos, dentro de cada agrupamento, os conglomerados que têm menor distância em relação ao centróide do grupo.

Respeitando-se a proporção em cada estrato, os conglomerados são escolhidos proporcionalmente ao tamanho de cada um (isto é, número de ligações da Concessionária). Feito isso obteve-se a amostra para cada uma das concessionárias, assim ponderou-se a amostra para toda a região Sudeste, com um tamanho total de 2100 consumidores. A amostra é constituída por domicílios consumidores escolhidos por amostragem aleatória simples nas cidades selecionadas, respeitando-se a proporção por faixas de consumo de energia. Para cada titular da amostra, solicita-se ainda a seleção, pelo mesmo critério, de 3 (três) substitutos (amostra de reposição), com a restrição de estes substitutos estarem localizados próximos (se possível no mesmo logradouro) do titular correspondente.

Feitas estas considerações, pode ser visualizado o plano amostral feito para a pesquisa realizada na área de cobertura da Região Sudeste.

Plano Amostral - Região Sudeste/Residencial

	Classe de Consumo						Total
	0 - 50	51 - 100	201 - 300	301 - 500	> 500	101 - 200	
AMPLA	26	30	19	14	10	51	150
LIGHT	50	83	146	64	40	17	400
ELETROPAULO	72	95	134	69	19	261	650
ELEKTRO	31	42	26	15	8	78	200
CPFL	23	51	53	26	15	132	300
CEMIG	49	110	57	31	28	125	400
Total	251	411	435	219	120	664	2100

ANEXO III

FRAÇÕES SOLARES MÉDIAS MENSAIS

A seguir, são apresentadas as frações solares médias mensais de cada sistema de aquecimento solar, de acordo com a faixa de renda familiar. Buscando-se sistemas de custo menor para domicílios com renda familiar de até 10 salários mínimos, foram analisados sistemas com áreas coletoras de 3,2 m² (2 placas) e 4,8 m² (3 placas). Para domicílios com renda superior a 10 salários mínimos, onde o aumento de conforto no banho tem peso maior na decisão de compra e os sistemas mais vendidos no mercado possuem área coletora entre 6 e 7 m², foram analisadas áreas coletoras de 4,8 m² (3 placas) e 6,4 m² (4 placas).

Com a finalidade de observar a eficiência mensal dos sistemas em função do aumento do tempo de banho, foram considerados sistemas com reservatórios de 300, 400 e 500 litros, para banhos de 8, 11 e 15 minutos, respectivamente, nos domicílios de todas as faixas de rendimentos.

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Até 1 Salário Mínimo

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²
Janeiro	84,0%	100,0%	73,1%	100,0%	63,7%	93,0%
Fevereiro	92,7%	100,0%	82,1%	100,0%	72,2%	97,8%
Março	84,6%	100,0%	74,3%	99,5%	65,0%	93,3%
Abril	81,9%	100,0%	70,5%	96,4%	61,2%	91,5%
Maio	72,2%	98,5%	61,0%	93,1%	52,4%	84,1%
Junho	55,1%	90,1%	45,1%	77,6%	38,0%	67,1%
Julho	57,7%	93,3%	47,4%	80,7%	40,1%	70,0%
Agosto	62,4%	95,3%	51,7%	85,4%	43,9%	74,6%
Setembro	56,9%	91,2%	46,8%	79,5%	39,5%	68,9%
Outubro	74,9%	99,6%	63,6%	94,3%	54,8%	87,0%
Novembro	81,4%	100,0%	69,6%	99,5%	60,3%	92,9%
Dezembro	79,1%	100,0%	67,7%	98,1%	58,5%	90,1%
Média	73,6%	97,3%	62,7%	92,0%	54,1%	84,2%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 1 a 2 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²
Janeiro	83,9%	100,0%	73,0%	100,0%	63,6%	92,9%
Fevereiro	92,4%	100,0%	81,8%	100,0%	71,9%	97,7%
Março	84,5%	100,0%	74,1%	99,5%	64,8%	93,1%
Abril	81,5%	100,0%	70,1%	96,3%	60,9%	91,2%
Mai	71,8%	98,5%	60,7%	92,8%	52,1%	83,7%
Junho	54,8%	89,7%	44,8%	77,2%	37,8%	66,8%
Julho	57,4%	93,0%	47,2%	80,3%	39,8%	69,7%
Agosto	62,2%	95,1%	51,5%	85,2%	43,7%	74,3%
Setembro	56,5%	90,8%	46,4%	79,0%	39,1%	68,4%
Outubro	74,5%	99,6%	63,2%	94,1%	54,4%	86,6%
Novembro	81,2%	100,0%	69,5%	99,4%	60,1%	92,8%
Dezembro	79,0%	100,0%	67,6%	98,0%	58,4%	90,0%
Média	73,3%	97,2%	62,5%	91,8%	53,9%	83,9%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 2 a 3 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²
Janeiro	83,2%	100,0%	72,2%	100,0%	62,9%	92,5%
Fevereiro	91,5%	100,0%	80,7%	100,0%	70,8%	97,3%
Março	83,6%	100,0%	73,1%	99,4%	63,8%	92,6%
Abril	80,1%	100,0%	68,8%	95,7%	59,6%	90,0%
Mai	70,6%	98,3%	59,5%	91,8%	51,0%	82,5%
Junho	53,5%	88,5%	43,7%	75,9%	36,8%	65,5%
Julho	56,4%	92,0%	46,2%	79,3%	39,0%	68,7%
Agosto	61,1%	94,3%	50,5%	84,1%	42,8%	73,3%
Setembro	55,2%	89,6%	45,2%	77,7%	38,1%	67,2%
Outubro	73,3%	99,5%	62,0%	93,2%	53,3%	85,3%
Novembro	80,7%	100,0%	69,0%	99,4%	59,6%	92,2%
Dezembro	78,3%	100,0%	66,9%	97,7%	57,8%	89,4%
Média	72,3%	96,8%	61,5%	91,2%	53,0%	83,0%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 3 a 5 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²
Janeiro	90,7%	100,0%	71,8%	94,5%	69,4%	87,0%
Fevereiro	96,3%	100,0%	79,9%	99,0%	76,4%	93,7%
Março	90,5%	100,0%	72,5%	94,3%	70,1%	86,9%
Abril	87,6%	100,0%	67,7%	91,1%	65,4%	83,9%
Mai	79,5%	98,1%	58,6%	84,3%	57,1%	74,9%
Junho	62,2%	87,5%	42,8%	67,0%	42,7%	57,9%
Julho	65,4%	91,2%	45,5%	70,3%	45,2%	61,0%
Agosto	70,1%	93,8%	49,8%	75,1%	49,1%	65,6%
Setembro	63,7%	88,6%	44,2%	68,6%	43,9%	59,4%
Outubro	82,1%	99,5%	61,1%	87,0%	59,4%	77,5%
Novembro	89,9%	100,0%	68,6%	94,4%	66,0%	85,2%
Dezembro	87,5%	100,0%	66,5%	91,3%	64,3%	83,1%
Média	80,5%	96,6%	60,7%	84,7%	59,1%	76,3%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 5 a 10 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²	3,2 m ²	4,8 m ²
Janeiro	90,3%	100,0%	71,3%	94,2%	68,9%	86,6%
Fevereiro	95,8%	100,0%	78,9%	98,9%	75,4%	92,9%
Março	90,0%	100,0%	71,8%	93,9%	69,4%	86,4%
Abril	86,4%	100,0%	66,5%	90,0%	64,2%	82,6%
Mai	78,3%	97,9%	57,5%	83,2%	56,1%	73,7%
Junho	61,0%	86,3%	41,8%	65,8%	41,8%	56,8%
Julho	64,3%	90,2%	44,5%	69,2%	44,4%	60,0%
Agosto	69,1%	93,1%	48,9%	74,1%	48,3%	64,6%
Setembro	62,3%	87,4%	42,9%	67,1%	42,8%	58,0%
Outubro	80,9%	99,4%	59,9%	85,9%	58,3%	76,3%
Novembro	89,5%	100,0%	68,1%	93,9%	65,5%	84,7%
Dezembro	87,0%	100,0%	66,0%	91,0%	63,9%	82,6%
Média	79,6%	96,2%	59,8%	83,9%	58,2%	75,4%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 10 a 20 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	4,8 m ²	6,4 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²
Janeiro	100,0%	100,0%	94,3%	100,0%	86,9%	96,2%
Fevereiro	100,0%	100,0%	98,9%	100,0%	93,0%	100,0%
Março	100,0%	100,0%	94,0%	100,0%	86,5%	95,9%
Abril	100,0%	100,0%	90,1%	96,7%	82,8%	91,7%
Mai	97,9%	100,0%	83,3%	92,1%	73,9%	85,8%
Junho	86,4%	98,0%	65,9%	77,3%	56,9%	68,5%
Julho	90,2%	100,0%	69,2%	80,7%	60,0%	71,9%
Agosto	93,1%	100,0%	74,2%	85,5%	64,7%	76,9%
Setembro	87,5%	99,1%	67,1%	78,6%	58,0%	69,8%
Outubro	99,4%	100,0%	86,0%	93,6%	76,4%	88,3%
Novembro	100,0%	100,0%	94,0%	100,0%	84,8%	96,0%
Dezembro	100,0%	100,0%	91,1%	98,7%	82,8%	93,1%
Média	96,2%	99,8%	84,0%	91,9%	75,6%	86,2%

Fonte: Elaboração própria

Fração Solar Média em Domicílios com Renda Familiar de Mais de 20 Salários Mínimos

FRAÇÃO SOLAR	Reservatório 300 litros		Reservatório 400 litros		Reservatório 500 litros	
	Área Coletora		Área Coletora		Área Coletora	
	4,8 m ²	6,4 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²	4,8 m ²	6,4 m ²
Janeiro	100,0%	100,0%	94,4%	100,0%	87,2%	96,3%
Fevereiro	100,0%	100,0%	98,9%	100,0%	93,1%	100,0%
Março	100,0%	100,0%	94,1%	100,0%	86,9%	96,0%
Abril	100,0%	100,0%	90,3%	96,8%	83,1%	91,9%
Mai	97,9%	100,0%	83,6%	92,2%	74,1%	86,1%
Junho	86,6%	98,0%	66,1%	77,5%	57,1%	68,8%
Julho	90,4%	100,0%	69,4%	80,8%	60,2%	72,1%
Agosto	93,2%	100,0%	74,4%	85,7%	65,0%	77,1%
Setembro	87,6%	99,1%	67,2%	78,6%	58,0%	69,8%
Outubro	99,4%	100,0%	86,1%	93,7%	76,5%	88,5%
Novembro	100,0%	100,0%	94,1%	100,0%	84,9%	96,0%
Dezembro	100,0%	100,0%	91,3%	98,8%	83,1%	93,2%
Média	96,3%	99,8%	84,2%	92,0%	75,8%	86,3%

Fonte: Elaboração própria