

SISTEMA SOLAR DE AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA RESIDÊNCIAS POPULARES

Tamer Mogawer
Teófilo Miguel de Souza

Centro de Energias Renováveis - Unesp - Guaratinguetá
Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 - Bairro Pedregulho
12516-410 Guaratinguetá - SP
E-mail: teofilo@feg.unesp.br

Resumo

Neste trabalho foi realizado um estudo de caso para o dimensionamento de um sistema de aquecimento solar de baixo custo para uma residência popular que se encontra em uma comunidade rural isolada no estado do Rio Grande do Norte. Esse dimensionamento pode ser estendido para várias comunidades rurais que se encontram isoladas em todo o Brasil, podendo desta maneira difundir o uso da energia solar entre a população de classe baixa e comunidades rurais isoladas, que não possuem os benefícios da energia elétrica em suas residências ou querem ter um menor gasto de energia elétrica, gerando dessa maneira um maior conforto térmico para a população e para essas comunidades.

Com a constante preocupação com o meio ambiente, busca-se necessidade do desenvolvimento e utilização de fontes de energia novas e renováveis, onde podemos destacar as seguintes fontes: energia heliotérmica, solar fotovoltaica, eólica, hídrica, biomassa, geotérmica, marinha, animal e humana.

Neste contexto, existem alternativas muito interessantes, entre as quais está a substituição do aquecimento elétrico da água de banho, pelo aquecimento através da energia contida na luz solar, pois segundo várias fontes, o chuveiro elétrico, tal como ele é hoje, simples, e extremamente barato é o vilão do sistema elétrico nacional, pois é utilizado, em horário de pico de consumo, algo como 10 % da capacidade de geração elétrica instalada no Brasil, obrigando muitas indústrias a desligarem as máquinas devido ao alto custo da energia elétrica neste período. Utilizando o aquecimento através da energia solar, pode-se reduzir o consumo do chuveiro elétrico e também aumentar a utilização desta energia "limpa" em residências populares e em comunidades rurais isoladas.

Portanto, este trabalho irá abordar o aproveitamento de energia solar com a finalidade básica de aquecimento de água para banho em residências populares e em meios rurais isolados, utilizando sistemas de baixo custo, acessíveis à população, sendo construídos com materiais facilmente encontrados em qualquer localidade de nosso país e por serem produtos de mercado da construção civil.

Abstract

In this work a case study was accomplished for the dimension of a system of solar heating of low cost for a popular residence that meets in an isolated rural community in the state of Rio Grande do Norte. That dimension can be used for several rural communities that meet isolated throughout Brazil, being able to this way to diffuse the use of the solar energy between the population of low class and isolated rural communities, that don't possess the benefits of the electric power in your residences or they want to have a smaller electric power expense, generating of that sorts out a larger thermal comfort for the population and for those communities.

However, with the constant concern with the environment, it is looked for need of the development and use of new sources of energy and you renewed, where we can detach the following sources: Energy heliothermic, sun, wind, biomass, geothermic, navy, animal and human.

In this context, very interesting alternatives exist, among which it is the substitution of the electric heating of the bath water, for the heating through the energy contained in the solar light, because second several sources, the electric shower, just as him is today, simple, and extremely cheaply it is the villainous of the national electric system, because it is used, in schedule of consumption pick, something as 10% of the capacity of electric generation installed in Brazil, forcing a lot of industries turn off her/it the machines due to the high cost of the electric power in this period. Using the heating through the solar energy, it can be reduced the consumption of the electric shower and also to increase the use of this clean energy in popular residences and in isolated rural communities.

Therefore, this work will approach the use of solar energy with the basic purpose of heating of water for bath in popular residences and in isolated rural means, using low cost systems, accessible to the population, being built easily with materials found at any place of our parents and for they be products of market of the building site.

1. Introdução

1.1 – Generalidades

Quase todas as fontes de energia hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia dos oceanos são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, através de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

O aproveitamento térmico para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, ocorre através da absorção ou penetração da radiação solar nas edificações, reduzindo as necessidades de aquecimento e iluminação. Melhor aproveitamento térmico da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito através do uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.), para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste último caso, pode-se gerar energia mecânica, com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador de corrente elétrica.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre através de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico. O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma força eletromotriz, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, através do uso de células solares.

Entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

1.2 – Radiação Solar

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso devido à inclinação do eixo

imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução)

Desse modo, a duração solar do dia – período de visibilidade do Sol ou de claridade – varia, em algumas regiões e períodos do ano, de zero hora (Sol abaixo da linha do horizonte durante o dia todo) a 24 horas (Sol sempre acima da linha do horizonte).

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observa grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do País está localizada em regiões mais distantes do Equador. Em Porto Alegre, capital brasileira mais meridional (cerca de 30° S), a duração solar do dia varia de 10 horas e 13 minutos a 13 horas e 47 minutos, aproximadamente, entre 21 de junho e 22 de dezembro, respectivamente.

Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

Como indicado anteriormente, a radiação solar depende também das condições climáticas e atmosféricas. Somente parte da radiação solar atinge a superfície terrestre, devido à reflexão e absorção dos raios solares pela atmosfera. Mesmo assim, estima-se que a energia solar incidente sobre a superfície terrestre seja da ordem de 10 mil vezes o consumo energético mundial

Segundo o Atlas de Irradiação Solar no Brasil, os maiores índices de radiação são observados na Região Nordeste, com destaque para o Vale do São Francisco, onde a média anual é de aproximadamente 6 kWh/m².dia. Os menores índices são observados no Litoral Sul-Sudeste, incluindo a Serra do Mar, e na Amazônia Ocidental, respectivamente. No Amapá e Leste do Pará, onde também se observam índices inferiores à média nacional. É importante ressaltar que mesmo as regiões com menores índices de radiação apresentam grande potencial de aproveitamento energético.

1.3 – Aquecimento de Água

A utilização de energia solar no aquecimento de água vem sendo realizada a várias décadas e em muitos países. O elevado custo das formas de energia convencionais despertam especial interesse no aproveitamento dessa forma de energia, cujo investimento inicial em equipamentos é compensado pelo fornecimento energético sem grandes problemas.

A energia solar aproveitável é em função do tempo de insolação, em média de 6,5 a 7 horas diárias na região Centro-Sul do Brasil, alcançando valores mais elevados na região Nordeste. Pode-se dizer, que o aquecimento solar útil se realiza durante cerca de 2372 a 2555 horas, anualmente, tem-se, portanto, necessidade de aproveitar bem essas horas de insolação captando a energia solar, transferindo o calor para a água e armazenando-a para sua utilização a qualquer hora. Para a situação decorrente de vários dias sem insolação ou com insolação insuficiente, recorre-se a reservatórios bastante grandes, com isolamento térmico de boa qualidade. Pode haver necessidade de um aquecedor auxiliar que utilize energia convencional, para suprir situações de falta de insolação por períodos excepcionalmente grandes.

A radiação solar pode ser absorvida por coletores solares, principalmente para aquecimento de água a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100 °C). O uso dessa tecnologia ocorre predominantemente no setor residencial, mas há demanda significativa e aplicações em outros setores, como edifícios públicos e comerciais, hospitais, restaurantes, hotéis e similares. Esse sistema de aproveitamento térmico da energia solar, também denominado aquecimento solar ativo, envolve o uso de um coletor solar discreto.

O coletor é instalado normalmente no teto das residências e edificações e, por isso, é também conhecido como teto solar. Devido à baixa densidade da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, o atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores, para o suprimento de água quente para uma residência típica.

Segundo informações da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento [ABRAVA, 2000], existiam até recentemente cerca de 250.000 coletores solares residenciais instalados no Brasil, o que correspondia a somente 0,6% dos cerca de 40 milhões de domicílios brasileiros. Somente com aquecimento doméstico de água para banho, são gastos anualmente cerca de 20 bilhões de kWh de energia elétrica, os quais poderiam ser supridos com energia solar, com enormes vantagens socioeconômicas e ambientais. Mais grave ainda é o fato de que quase toda essa energia deve ser gerada em poucas horas do dia (basicamente entre 18h e 20h), o que significa sobrecarga no sistema.

Estudos revelam que, entre 18h e 19h, cerca de 50% dos aparelhos são usados simultaneamente. Tomando-se como referência uma potência média de 3 kW por aparelho, uma duração média de 10 minutos por banho e um índice de posse de 0,69 aparelho por domicílio, estima-se que o chuveiro elétrico contribui com 12,8% da demanda máxima do sistema elétrico brasileiro; o que corresponde a aproximadamente 6.800 MW de potência instalada.

Um dos principais entraves à difusão da tecnologia de aquecimento solar de água é o custo de aquisição dos equipamentos, particularmente para residências de baixa renda. Neste contexto destacamos a grande importância do desenvolvimento de sistemas de aquecimentos direcionados à população de baixa renda, viabilizando ao proprietário das casa popular implementar um sistema de aquecimento solar de baixo custo, possibilitando desta maneira que a grande maioria das residências populares brasileiras tenham acesso a aquecedores solar.

Contudo, a conjuntura atual do setor elétrico brasileiro indica cenários futuros muito mais favoráveis ao uso da energia solar para aquecimento de água no País. Entre os principais elementos propulsores dessa tecnologia, destaca-se a criação e a regulamentação de Leis, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Outro fato importante tem sido a criação de linhas de crédito para aquisição e instalação de coletores solares.

1.4 – Impactos Socioambientais

Uma das restrições técnicas à difusão de projetos de aproveitamento de energia solar é a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia, o que torna necessário o uso de grandes áreas para a captação de energia em quantidade suficiente para que o empreendimento se torne economicamente viável. Comparando-se, contudo, a outros recursos, como a energia hidráulica, por exemplo, observa-se que a limitação de espaço não é tão restritiva ao aproveitamento da energia solar. Tomando-se como referência um índice médio global de radiação solar no Brasil de 1.800 kWh/m² ao ano, o consumo total de energia elétrica em 1998 (cerca de 300 TWh) e uma eficiência de conversão de 12%, seriam necessários 1.400 km² de coletores solares (0,016% do território nacional); o que corresponde a somente 5% da área alagada por usinas hidrelétricas no Brasil.

2. Desenvolvimento

2.1 Aquecedor Solar De Baixo Custo

No Brasil existem vários fatores que cooperam para a criação de um aquecedor solar de custo muito baixo, gerando economias financeiras ao usuário final, ampliando sua cidadania e reduzindo emissões de gás carbônico das novas usinas térmicas. Entre estes fatores podemos destacar seis que são de grande importância:

1 - Temperatura:

O Brasil é um país de altas temperaturas médias diárias, mesmo no inverno, facilitando o uso de coletores simplificados, semelhantes aos coletores solares de piscinas, que podem aquecer água de banho acima de 40°C.

2 - Iluminação solar:

O Brasil recebe ao longo do ano, muita iluminação solar bem distribuída por todos os meses. Esta característica da irradiação solar permite o uso pleno do aquecedor, reduzindo o prazo de retorno do investimento nele realizado.

3 - Pressão da água:

A casa brasileira tem caixa de água, opção pouco usual em outros países. A norma é o envio direto da água de rua à distribuição doméstica. A água que vem da rede pública é de alta pressão. Logo toda a rede doméstica, assim como um eventual reservatório térmico para água quente também teria esta pressão. A presença de uma caixa de água no forro de uma casa é sinônimo de baixa pressão, tanto para a rede interna quanto para o reservatório térmico, fatores importantes para a operação econômica do aquecedor solar de Baixo custo.

4 - Dutos de PVC:

Esta tecnologia tem abrangência e uso nacional, pela sua simplicidade e baixo preço. Face às baixas temperaturas esperadas no pré-aquecimento solar da água de banho, o PVC é um complemento importante do sistema de aquecimento de baixo custo.

5 - O chuveiro elétrico:

A absoluta maioria das casas brasileiras tem o chuveiro elétrico ao contrário do que se vê em outras nações, onde a água é aquecida com aquecedores a gás de passagem. Este chuveiro pode ser utilizado como aquecedor de apoio para os dias em que o tempo não permitir elevar a água até a temperatura desejada de banho, isto a um custo praticamente nulo, pois ele já é parte integrante do lar brasileiro.

6 - Estratificação:

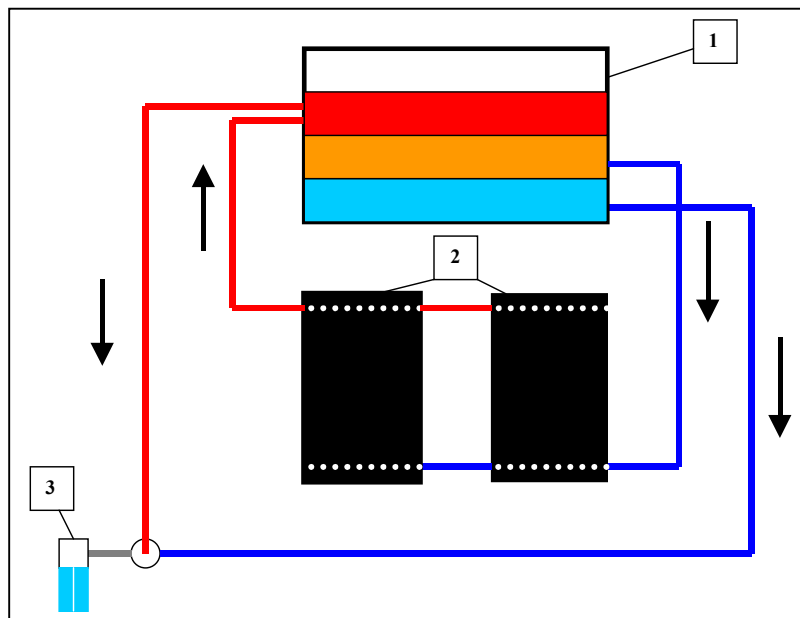
Este fenômeno da física não está ligado a características típicas brasileiras, mas é de importância para a simplificação do projeto do aquecedor de baixo custo. A água quente é mais leve do que a água fria, fenômeno que permite a estratificação da água, isto é, permitindo que a água quente permaneça flutuando na parte superior de uma caixa de água. Esta separação de água quente e fria se mantém enquanto não houver movimentação (turbulência) da água na caixa. Ao longo do tempo, mesmo sem turbulência, por um processo chamado de difusão, o calor da parte superior da caixa irá sendo lentamente entregue à parte inferior, terminando com uma completa homogeneização da temperatura das massas de água.

2.2 Princípios de Operação e Principais Componentes do Sistema de Aquecimento Solar de Baixo Custo

O aquecedor solar, pela característica da irradiação solar, não pode ser concebido como aquecedor de passagem. A energia luminosa do sol só age como elemento aquecedor num período curto de 5 a 7 horas por dia, não sendo possível evitar a acumulação da água quente, que deve ser gerada neste curto período. A água porém deve ficar disponível ao usuário durante o período de 24 horas e isto pode ser caracterizado como sinônimo da presença do **reservatório térmico**, se possível, bem isolado, minimizando perdas térmicas.

O aquecedor deve obrigatoriamente incluir um **conjunto de coletores térmicos solares**, (conversores de energia luminosa em calor) com capacidade de aquecer a água até uma temperatura que nunca deveria estar abaixo de 40°. Também faz parte do sistema de aquecimento um **conjunto de dutos**, para circular água entre coletores e reservatório, além do duto que levará a água quente ao local aonde fica o chuveiro, estes dutos pode ser feito com canos e forro plástico de PVC, com uso de

adesivo para vedação. Todos os materiais são facilmente encontrados no comércio e também é de grande facilidade a sua construção. Abaixo iremos detalhar cada componente do sistema de aquecimento.



1 – Reservatório Térmico

Um importante componente do sistema é o reservatório térmico. No comércio existem fabricantes especializados destes reservatórios, porém, os custos são elevados para os padrões da população de baixa renda. É possível fabricar reservatórios domésticos utilizando materiais isolantes acessíveis. Um dos sistemas mais utilizados é o reservatório de estiropor (tipo isopor), com revestimento interno de filme plástico, que isola a água do isolante. Uma outra solução economicamente viável é a utilização de reservatórios em isopor, que deverá ser simultaneamente estrutura mecânica, isolante térmico e impermeabilizante para a água; ou também pode ser utilizado caixa de água fria para suportar simultaneamente água fria e quente; que ficara distribuída de acordo com a figura 1 da seguinte maneira:

1.1 - Camada de água quente: Seu volume é comandado pela diferença de altura entre saída de água fria aos coletores B, e o nível da água da caixa. Quanto maior esta diferença, maior o volume disponível no final de um dia de aquecimento. 1.2 - Camada de transição: É a camada que interliga a camada de água quente com a camada de água fria. Ela deve ser estreita para que a energia térmica fornecida à caixa pelos coletores solares, fique a mais possível concentrada na camada de água quente.

1.3 - Camada de água fria: Tem a função do reservatório tradicional. Seu volume é a diferença entre o volume total da caixa e o volume do espaço destinado à água quente. Engloba assim a camada de transição.

1.4 - Isolamento térmico da caixa de água: Cobre as áreas da caixa ocupadas pelo volume de água quente. Evita perda de calor no decorrer do período, dia e noite.

1.5 - Sistema de "dutos furados": Distribui na caixa de água os fluxos provenientes respectivamente dos coletores solares e da Bóia. Estas entradas da água na caixa não podem, de forma alguma, dar origem a turbulências ou movimentos de água que poderiam desfazer a sua estratificação.

2 - Coletores solares simplificados:

Da física sabemos que qualquer tipo de irradiação eletromagnética (luz visível, luz infra vermelha, luz ultra violeta, Raios X, etc.) ao incidir sobre uma superfície negra é transformada em energia térmica. O coletor é basicamente uma superfície negra, que ao ser exposta à luz do dia, se aquece. Por construção, esta superfície fica junto a dutos cheios de água. Por transmissão o calor gerado é levado

à água presente nos dutos. Esta água aquecida é então levada a um reservatório, aonde ela fica disponível para um banho.

Portanto, os coletores solares simplificados têm a mesma função dos coletores tradicionais (aquecer água). Caracterizam-se por serem mais simples, sem cobertura de vidro, menos eficiente que o Coletor Tradicional, contando, porém com um custo inferior. Os coletores simplificados deverão entregar à água algo como 35% da energia solar que nele incide no decorrer de um dia.

Existe no mercado coletores solares de menor custo feitos de plástico (polietileno de baixa densidade), com custo e eficiência menores, utilizado em aquecimento de piscinas. Normalmente são utilizados vários em série para aumento de eficiência, porém esses coletores tem um rendimento térmico menor, já que o plástico é um bom isolante.

3 - Misturador de água quente

Apesar da água quente dificilmente ultrapassar a temperatura do corpo, o usuário tem o direito de tomar um banho frio. Para que isto seja possível, a água quente que vem pelo duto G, deverá ser adicionada à água fria do duto H. Com um registro 3, a água quente será controlada, temperando a água oferecida ao usuário através do duto I e do chuveiro elétrico.

4 - Dutos de água do sistema - A, B, C, G e H

A temperatura que se obtém com coletores simplificados fica muito abaixo da temperatura considerada perigosa pelos fabricantes dos dutos de PVC, abrindo-se assim a possibilidade de todos os dutos do sistema poderem ser desenvolvidos com dutos de PVC, muito conhecidos por todos envolvidos em construção e reformas de habitações no Brasil. O duto tradicional de aquecedores solares é o de cobre, com isolamento térmico.

3. Estudo de Caso

3.1 Dimensionamento de um sistema de Aquecimento de Água

Neste item iremos realizar o dimensionamento de um sistema de aquecimento de água para uma residência popular que se encontra em uma comunidade rural isolada na estado do Rio Grande do Norte com as seguintes características gerais:

- Região: Nordeste;
- Prédio: Casa Popular;
- Inclinação ideal do coletor: $6 + 5^\circ$ em relação ao horizontal voltado para o equador e 22° à direita do norte magnético (indicado pela Bússola);
- Número de pessoas: 4 pessoas ;
- Número de banhos por dia por pessoa: 1 banho;
- Consumo de água por pessoa: 36 litros por pessoa;
- Volume de água a ser aquecida: 144 litros diários;
- Índice de radiação (I) para a região Nordeste: $0,87 \text{ cal/cm}^2 \text{ min}$;
- Estipulando 8 horas diárias de exposição do coletor;
- Rendimento do Coletor: 50 %

Utilizando a equação 1, podemos determinar a quantidade de calor (Q) necessária para elevar a temperatura da água

$$Q = m c (t_f - t_i)$$

Onde,

[1]

Q: Quantidade de calor necessária [Kcal];

m: Massa de água em [kg] (1 litro = 1 kg);

c: Calor específico da água [Kcal/kg °C]; $c = 1 \text{ Kcal/kg } ^\circ\text{C}$;

t_i : Temperatura inicial da água antes do aquecimento [°C]; $t_i = 29$ °C;
 t_f : Temperatura final da água após o aquecimento [°C]; $t_f = 60$ °C.

Utilizando a equação 2, podemos determinar a área total do coletor (S)

$$S = Q / I n \quad [2]$$

Onde,

S: Área total do coletor [m²];
I: Índice de radiação [Kcal/m² dia];
n: Rendimento do Coletor.

3.2 Resultados Obtidos

A partir dos cálculos realizados no item anterior definimos a área total dos coletores necessária para o aquecimento, dimensão do reservatório térmico e os dutos necessários para a completa instalação do sistema de aquecimento, na temperatura e quantidade definida.

No caso estudado a área total do coletor encontrada foi de 2,44 m², utilizando desta maneira duas placas para coletarem a energia do sol aquecendo a água. O Outro ponto importante é o dimensionamento do reservatório térmico, como temos a demanda de 144 litros diários, iremos utilizar um reservatório de isopor de 150 litros, e as interligações devem ser feitas com dutos e conexões de 32 mm.

É importante que a tubulação de retorno da água dos coletores tenha uma inclinação sempre crescente em direção ao reservatório. Os gases liberados pela água durante seu aquecimento devem escoar até o reservatório. Se houver algum ponto alto no meio do caminho, poderá ocorrer acúmulo de ar, interrompendo a circulação natural da água. Depois de concluída a instalação é conveniente pintar toda tubulação exposta ao sol com esmalte sintético preto fosco para aumentar sua vida útil.

4. Conclusão

Em períodos de crise energética, as fontes alternativas de energia devem ser pesquisadas e utilizadas, visando racionalizar os meios de produção de energia. A energia solar, abundante e ecologicamente correta, infelizmente tem sido muito pouco utilizada no Brasil. Em contra partida nos países da Ásia e África, os governos têm incentivado o uso pela população da energia solar, para diminuir o consumo de eletricidade.

Este sistema de aquecimento de baixo custo, pode ser empregado em diversas situações, um exemplo foi demonstrado no estudo de caso, onde as casas da comunidade rural estão isoladas e não tem a opção da energia elétrica, porém, este sistema também podem ser utilizadas em casas populares que já dispõe de energia elétrica fazendo com que a ocorra uma redução no gasto com eletricidade de forma bem expressiva, pois pela média de minutos de banho do usuário brasileiro, cada família despende, só com o aquecimento da água de banho, aproximadamente R\$ 14,00 por mês, ou R\$ 168,00 por ano, valor significativo para o usuário de menor posse. Uma vez instalado o aquecedor solar, é claramente observado a economia que se pode obter com utilização deste sistema.

Nos dois exemplos citados acima o sistema de aquecimento possibilita que a grande maioria das residências populares brasileiras tenham acesso a aquecedores solar, permitindo dessa maneira um maior conforto térmico ou um menor gasto de energia elétrica significativo para as famílias de baixa renda.

5. Bibliografia

- 1 - GOLDEMBERG, J. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento** Primeira Edição, EDUSP, S. Paulo, 1998
- 2 - GOLDEMBERG J. e Contribuidores **Issues and Options, The Clean Development Mechanism**, United Nations Publications, UN Sales E.99.III.B.3, 1998
- 3 - MATAJS, R. R., **Demanda, consumo e custo de alternativas ao chuveiro elétrico: O exemplo do Estado de S. Paulo**, dissertação de mestrado IEE EPUSP, S. Paulo 1997
- 4 - Palz, W., **Energia Solar e Fontes Alternativas**, Hemus, S. Paulo 1981
- 5 - PROCEL, ELETROBRÁS e PUC-Rio, relatório 337, R.J. Nov. 1997.