

Aquecimento de água através do uso de coletores planos

Karina Terra de Souza*
Láilly de Souza Miranda**
Márcia Almeida Silva***

Resumo

A energia solar é de fundamental importância para a manutenção da vida na Terra, por ser uma das alternativas energéticas mais promissoras. É inesgotável na escala terrestre de tempo, não polui o meio ambiente e não contribui para o aumento do efeito estufa. Os equipamentos podem ser construídos com técnicas e materiais rudimentares. Os mais usados com o objetivo de utilizar a energia solar para o aquecimento de fluidos são os coletores solares planos, que podem ser utilizados em diversos locais, como residências, hospitais e hotéis, proporcionando conforto e redução do consumo de energia elétrica.

Palavras-chave: Energia solar. Renovável. Coletores Solares Planos. Futuro.

Introdução

É sabido que o sol tem inestimável importância em nossa vida, a qual vai além da luminosidade e conforto térmico proporcionados. Ele é responsável por quase todas as fontes de energia conhecidas e utilizadas pelo homem. A energia extraída a partir da queima do petróleo, do carvão e do gás natural são provenientes da captação e armazenamento da luz solar em plantas, algas e animais da pré-história. Além disso, a energia hidroelétrica também só é possível devido à transformação da energia solar, visto que as chuvas só acontecem porque há a evaporação da água proveniente da influência do sol. O processo de industrialização que se deu a partir do século XIX teve sua matriz energética baseada em recursos não renováveis. Além disso, o homem vem, ao longo dos anos, modificando seu padrão de vida, utilizando a tecnologia para viver mais e melhor. Isso resulta em um maior consumo de energia. Até hoje, a matriz energética mundial é baseada em fontes não renováveis de energia. A Tabela 1 apresenta a distribuição aproximada da oferta mundial de energia por fonte.

Tabela 1 - Oferta mundial de energia por fonte, 2000.

Fonte	(%)
Petróleo	34,9
Carvão Mineral	23,5
Gás Natural	21,1
Renováveis	11,0
Nuclear	6,8
Hidráulica	2,3
Outras	0,5

Fonte: MME, Balanço Energético, 2003

Através da análise dos dados apresentados na Tabela 1, é possível observar que as fontes não renováveis de energia são responsáveis por, aproximadamente, 86% da oferta e, as renováveis, por 14%. Além disso, a expectativa de vida vem aumentando com o passar dos anos. Consequentemente, a sociedade encontra-se hoje com um sério problema: haverá energia suficiente para suprir as necessidades mundiais de energia no futuro? Há três indicativos claros que justificam a presunção de que ficará cada vez mais difícil aplacar a fome por energia:

1. Com base nas previsões de instituições financeiras internacionais, como o Banco Mundial e o Fundo Monetário Internacional, acredita-se que a Ásia e a América do Sul irão apresentar índices de crescimento econômico mais altos do que o resto do mundo.

2. As populações da Ásia e da América do Sul devem continuar crescendo mais do que as de outras regiões. À medida que melhorarem de vida, asiáticos e sul-americanos vão comprar mais eletrodomésticos e serviços que demandam energia.

3. O setor de transporte deverá passar por uma revolução nessas duas regiões, onde o número de carros para cada grupo de 100.000 habitantes ainda é baixo. Isso afetará bastante o consumo de petróleo.

* Técnica em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.
** Técnica em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.
*** Técnica em Automação Industrial pelo IF Fluminense, campus Campos-Centro.

Com o aumento da demanda mundial de energia, o esgotamento das fontes de energia não renováveis e o problema ambiental, a energia solar se apresenta como uma grande alternativa para a sociedade, uma vez que é considerada limpa, gratuita e inesgotável. Além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar possui um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia, seja ela térmica, elétrica, entre outras.

Radiação Solar

O sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia. Trata-se de um valor considerável, correspondendo a 10.000 vezes o consumo mundial de energia nesse período. Este fato vem indicar que, além de ser responsável pela manutenção da vida na Terra, a radiação solar constitui-se numa inesgotável fonte energética, havendo um enorme potencial de utilização por meio de sistemas de captação e conversão em outra forma de energia (térmica, elétrica, etc.).

Captação e Conversão da Energia Solar

A Terra descreve, em torno do Sol, uma trajetória elíptica em um plano. O nosso planeta, em seu movimento anual em torno do Sol, descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente $23,5^\circ$ com relação ao plano equatorial. Essa inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano e dificultando os cálculos da posição do Sol para uma determinada data. Isso encontra-se ilustrado na Figura 1.

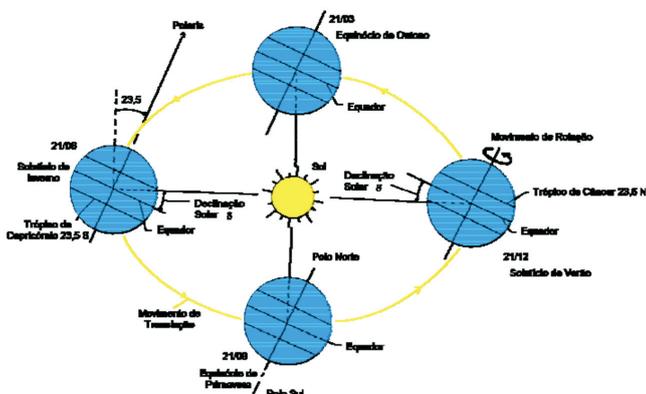


Figura 1 - Órbita da Terra em torno do Sol, com seu eixo N-S inclinado de um ângulo de $23,5^\circ$

Fonte: http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf

A posição angular do Sol, ao meio-dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo) é chamada de Declinação Solar (δ). Esse ângulo, que pode ser visto na Figura 1, varia, de acordo com o dia do ano, dentro dos seguintes limites:

$$-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$$

A soma da declinação com a latitude local determina a trajetória do movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma dada localidade na Terra.

A radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre provém da região da fotosfera solar, que é uma camada tênue com aproximadamente 300 km de espessura e temperatura superficial da ordem de 5.800 K. Porém, essa radiação não se apresenta como um modelo de regularidade, pois há a influência das camadas externas do Sol (cromosfera e coroa), com pontos quentes e frios, erupções cromosféricas, etc. Apesar disso, pode-se definir um valor médio para o nível de radiação solar incidente normalmente sobre uma superfície situada no topo da atmosfera. Dados recentes da WMO (World Meteorological Organization) indicam um valor médio de 1.367 W/m^2 para a radiação extraterrestre. Fórmulas matemáticas permitem o cálculo, a partir da "Constante Solar", da radiação extraterrestre ao longo do ano, fazendo a correção pela órbita elíptica. A radiação solar é radiação eletromagnética que se propaga a uma velocidade de 300.000 km/s, podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares. Em termos de comprimentos de onda, a radiação solar ocupa a faixa espectral de $0,1 \mu\text{m}$ a $5 \mu\text{m}$, tendo uma máxima densidade espectral em $0,5 \mu\text{m}$, que é a luz verde. A energia solar incidente no meio material pode ser refletida, transmitida e absorvida. A parcela absorvida dá origem, conforme o meio material, aos processos de fotoconversão e termoconversão.

O Sol como fonte energética

Vantagens

A energia solar traz diversos benefícios para toda a sociedade, entre os quais:

- Não provoca nenhum tipo de poluição durante o seu uso;
- Os custos de manutenção são baixos;
- Com os avanços, os painéis solares vêm aumentando a sua potência e reduzindo o seu preço;
- Facilidade de instalação nos países que apresentam clima tropical.

Desvantagens

Este tipo de energia apresenta algumas desvantagens, tais como:

- Variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação climática e à noite não existe produção alguma;
- As formas de energia solar são pouco eficientes quando comparadas, por exemplo, aos combustíveis fósseis, à energia hidrelétrica e à biomassa;
- Não recebe qualquer incentivo econômico;
- Locais em latitudes médias e altas sofrem quedas bruscas de produção durante os meses de inverno.

Os equipamentos mais usados com o objetivo de utilizar a energia solar para aquecimento são conhecidos como coletores solares. São aquecedores de fluidos e classificados em coletores concentradores e coletores planos, em função da existência ou não de dispositivos de concentração da radiação solar. O fluido aquecido é mantido em reservatórios termicamente isolados até o seu uso final. Uma das possíveis formas de conversão da energia solar é conseguida através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos conhecidos como células fotovoltaicas. Essas células convertem diretamente a radiação solar em eletricidade. São constituídas de materiais semicondutores, sendo o silício o mais empregado. Atualmente, os coletores solares planos são muito utilizados para aquecimento de água em residências, hospitais, hotéis, etc. devido ao conforto proporcionado e à redução do consumo de energia elétrica.

Coletores Solares Planos

O sistema de aquecimento da água através da energia solar começou a ser utilizado na Califórnia por volta de 1890. O gás artificial feito a partir do carvão também era um bom combustível para aquecimento, mas era caro assim como a eletricidade. Naquela época muitas residências utilizavam essa fonte alternativa de energia, por mostrar-se melhor que o carvão ou a madeira queimada.

Em 1897, 30% das casas de Pasadena, cidade próxima a Los Angeles, estavam equipadas com placas solares. À medida que foram aperfeiçoados, os sistemas solares começaram a ser usados em outros estados como no Arizona e Flórida. Por volta de 1920, foram descobertos depósitos subterrâneos de gás natural e petróleo, acarretando a diminuição do preço desses combustíveis e tornando possível a substituição dos painéis solares por combustíveis fósseis.

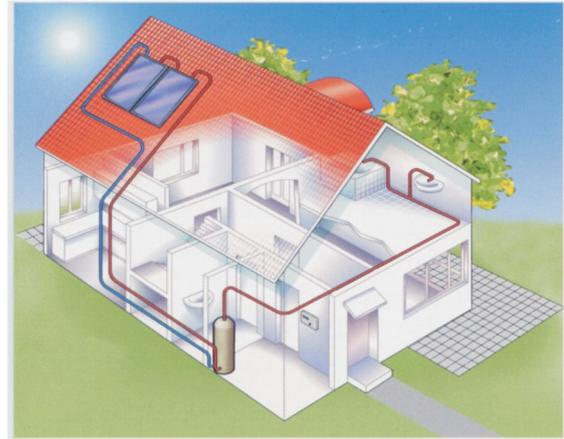


Figura 2 – Coletor Solar Plano instalado em uma residência
Fonte: <http://turma1422.wordpress.com/>

O aquecimento de água para fins pessoais é um dos grandes problemas atuais de energia que o Brasil está enfrentando. O chuveiro elétrico é considerado o principal responsável pelo aumento do consumo de energia elétrica.

A utilização do chuveiro elétrico é um hábito extremamente difundido no Brasil. Segundo levantamento realizado pelo PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – cerca de 83% das residências do Sudeste brasileiro contam com pelo menos um chuveiro elétrico. Nas regiões Sul e Centro-Oeste os percentuais não são muito diferentes. O chuveiro elétrico é um equipamento que demanda grande potência elétrica e é mais utilizado no horário de ponta do setor elétrico, entre 18 e 21 horas. Essa realidade faz com que sejam necessários investimentos muito elevados para colocar à disposição dos consumidores uma capacidade elétrica suficiente para operação desses chuveiros. É importante ressaltar que apesar do chuveiro elétrico apresentar alta eficiência na conversão de energia elétrica em energia térmica útil, apresenta baixíssima (2,7%) eficiência energética, ao usar uma energia nobre como a elétrica para produzir calor de baixa temperatura (ALVARENGA, 1998, p.17).

A produção de calor a baixas temperaturas (menores do que 100°C) é a mais simples aplicação da energia solar através dos coletores solares planos. Eles apresentam uma estrutura mecânica relativamente simples, o que representa sua grande vantagem em relação aos coletores concentradores.

O emprego de coletores planos pode ser aplicado nos mais diversos setores destacando-se o residencial, o de serviços, o industrial e o agropecuário. A água aquecida produzida pode ser utilizada em banheiros e cozinhas; em ambientes na indústria de alimentos; no tingimento de tecidos; no preaquecimento d'água para uso em processos industriais e em caldeiras; na lavagem

de peças mecânicas; na pasteurização de leite, cervejas e sucos; nos processos agropecuários principalmente na atividade leiteira (ALVARENGA, 1998, p.16).

O papel do governo é fundamental para divulgar o uso da energia solar como também a conscientização da população quanto às vantagens dessa energia abundante que é o sol.

Com relação ao custo de uma instalação de aquecimento solar, houve uma queda considerável nos últimos anos. Atualmente, possuir esse tipo de aquecimento não é privilégio apenas das classes altas, também a classe média já é favorecida, o que torna o aquecimento solar uma tendência a crescer praticamente em todas as camadas sociais.

Quando o consumidor instala um sistema solar de aquecimento d'água está evitando investimentos elevados em geração, transmissão e distribuição de energia elétrica e, portanto, beneficiando toda a coletividade. É como se o consumidor construísse em sua própria casa um sistema de geração e acumulação de energia que se soma à energia produzida pelas usinas elétricas das concessionárias (ALVARENGA, 1998, p. 18).

Características Construtivas

O coletor solar é componente mais importante do sistema de aquecimento solar. É ele o responsável pela conversão da energia solar em energia térmica. Portanto, um dos fatores mais críticos para o bom funcionamento de um sistema é a qualidade dos coletores solares empregados.

Os coletores solares devem ser bem construídos para funcionar bem nas mais diversas faixas de temperatura de operação, o que caracteriza a sua eficiência. Um coletor solar pode ser dividido em duas partes: absorvedor e gabinete.

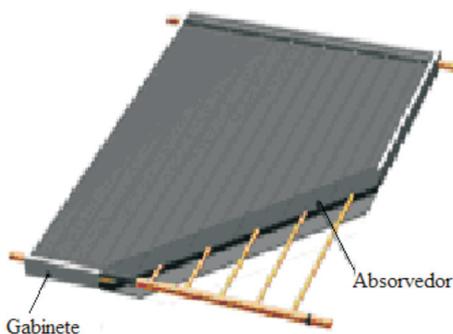


Figura 3 – Coletor solar plano para aquecimento d'água
Fonte: <http://www.solares-online.com.br/index.php?codpagina=00019169>

Absorvedor

O absorvedor é a parte do coletor solar que é realmente responsável pela recepção, conversão e transferência da energia solar para o fluido de trabalho. É geralmente construído de tubos e chapas (conjunto de aletas metálicas pintadas de preto fosco) de material condutor para aperfeiçoar as trocas térmicas entre o absorvedor e o fluido de trabalho. O material mais empregado na construção é o cobre devido a sua ótima condutividade térmica, resistência à corrosão e facilidade de manuseio, mas podem ser encontrados equipamentos que usam o alumínio e até mesmo o plástico, embora estes últimos sejam empregados apenas em equipamentos desenvolvidos para baixas temperaturas de operação.

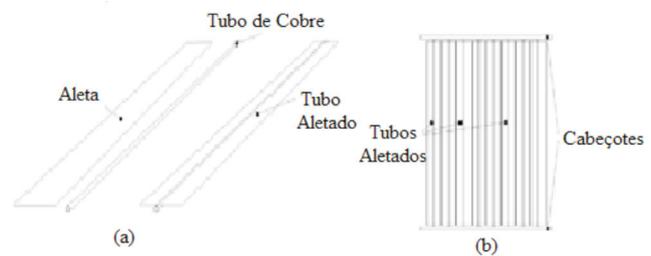


Figura 4 - (a) detalhes do tubo, da aleta e do tubo aletado e (b) o absorvedor montado

Fonte: <http://www.solares-online.com.br/index.php?codpagina=00019169>

Devem-se respeitar alguns fatores para manter a eficiência do absorvedor. São eles:

- O material usado nos tubos e nas aletas deve ter alta condutibilidade térmica;
- A junção entre a aleta e o tubo não deve gerar resistência de contato;
- A largura e espessura da aleta e o diâmetro do tubo devem ter suas dimensões estudadas;
- A pintura do absorvedor deve ser de preferência seletiva, ou seja, deve absorver muito calor e emitir muito pouco.

Resistência de Contato

A resistência de contato entre as aletas e os tubos que conduzem a água é uma das variáveis construtivas que mais tem peso na eficiência de um coletor solar. A espessura e o material da aleta são muito importantes para a boa condução de calor. Materiais pouco condutores e aletas muito finas prejudicam o funcionamento. O ponto crítico para a boa operação da aleta está na área de contato entre a aleta e o tubo. Se o contato térmico não for perfeito, o calor não será totalmente transferido para o tubo e conseqüentemente para a água. A resistência de contato pode ser simplesmente definida como a dificuldade que a energia tem de se transferir da aleta para o tubo.

Existem coletores de baixa eficiência no mercado porque a maioria dos fabricantes utiliza aletas finas de alumínio ou de cobre encaixadas em tubos de cobre. Essas aletas finas não exercem pressão suficiente nos tubos para minimizar o efeito da resistência de contato. Um bom coletor deve ter as aletas unidas aos tubos por algum tipo de processo de soldagem. Esse tipo de união elimina a existência da resistência de contato.

Gabinete

O gabinete tem por objetivo isolar o absorvedor do meio ambiente, garantindo que as variações atmosféricas não afetem a conversão de energia solar em energia térmica. Ele é composto basicamente por:

- Caixa Externa
- Isolamento
- Cobertura (Vidro)

A caixa do coletor solar deve ser feita em material resistente à corrosão e com rigidez mecânica suficiente para garantir a integridade estrutural do equipamento. As caixas podem ser feitas em chapa dobrada de aço galvanizado ou de alumínio, com perfis e chapas de alumínio, moldadas em plástico, etc. O isolamento deve garantir que o calor gerado pelo absorvedor não seja perdido pela caixa e deve inibir as perdas pelas laterais do coletor e pelo fundo. Os materiais mais comuns que são utilizados no isolamento dos coletores são lã de rocha, lã de vidro e poliuretano expandido.

O vidro é um componente muito importante do sistema, permitindo a entrada da energia solar no coletor e garantindo sua vedação. Ainda não existem no mercado nacional, a preços competitivos, vidros de alta qualidade para sistemas de aquecimento solar. Por isso, deve se dar preferência a coletores que usam vidros planos com pouca presença de ferro na sua composição (o mais branco possível).

Reservatório de Água Quente

Os reservatórios térmicos convencionalmente utilizados em sistemas solares são os dispositivos mais comuns para armazenamento de energia sob a forma de calor sensível. São muitas vezes indispensáveis, tendo em vista as características de inconstância da radiação solar. Entretanto constituem-se em pontos de perda de calor e devem ser adequadamente dimensionados para maior eficiência e autonomia do sistema.

Os reservatórios de água quente, também chamados *boilers*, são geralmente fabricados em aço inoxidável, cobre ou aço-carbono, para volumes de até 15 mil litros. Podem ser horizontais ou verticais, sendo constituídos por duas superfícies cilíndricas, uma interna e outra externa, tendo entre

as mesmas, um isolamento térmico, geralmente a lã de vidro. A figura 5 mostra reservatórios térmicos convencionais, com detalhes construtivos.



Figura 5 - Reservatórios térmicos convencionais com detalhes construtivos
Fonte: <http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-414-014.pdf>

Normalmente é necessária a existência de um suprimento de energia adicional como complementação ou retaguarda. A integração mais comum é com sistemas a lenha, óleo, gás e energia elétrica. A existência desses sistemas complementares aumenta a confiabilidade de suprimento de água quente e pode reduzir significativamente as dimensões e os custos dos coletores e do reservatório térmico. O ideal seria que o sistema complementar fosse rápido o suficiente para reduzir ou mesmo eliminar o reservatório. O dimensionamento da área de coletores e do volume do reservatório está vinculado ao nível de participação que se deseja para a produção de calor pelo sistema complementar. A definição dos níveis ótimos de contribuição da fonte solar e da fonte complementar é obtido basicamente através de uma análise econômica. Ao se projetar uma área de coletores suficiente para suprir quase toda a demanda se gastará pouco combustível ou eletricidade complementar, mas o custo inicial de instalação será muito elevado. Normalmente a situação de maior economicidade acontece quando o sistema solar funciona como preaquecedor da água o que reduz o investimento inicial, permite a utilização de todo o calor produzido pelos coletores e a redução da capacidade do reservatório e aumenta a eficiência do sistema ao se trabalhar com temperaturas mais baixas. O projetista tem que procurar o ponto ótimo de acordo com as características específicas da instalação (ALVARENGA, 1998, p. 25).

Instalação de Coletores

Devem ser tomadas precauções durante o processo de aquisição e instalação dos sistemas coletores. É preferível que a instalação dos coletores já esteja prevista no início de um projeto, o que permitiria a otimização do mesmo e uma maior viabilidade econômica, pois reduziria investimentos, principalmente nos sistemas elétricos. Antes da instalação, verificam-se os seguintes itens a fim de aumentar a vida útil dos equipamentos:

- Qualidade dos equipamentos a serem instalados;
- Se os materiais mais recomendáveis como vidro, tubo de cobre, aletas de alumínio ou cobre, caixa em alumínio, isolantes térmicos de poliuretano ou lã de vidro, estão sendo utilizados;
- Qualidade das bombas, termostatos e outros componentes.

Quanto ao posicionamento dos coletores é fundamental que:

- Sejam instalados com sua superfície voltada para o norte;
- Posições de mínimo sombreamento em qualquer época do ano;
- Inclinação deverá ser estabelecida com o objetivo de aproveitar com máxima eficiência a radiação local.

As tubulações que levam a água quente aos pontos de consumo deverão ser construídas com tubos resistentes ao calor tais como aço galvanizado, cobre, CPVC e polipropileno.

Conclusão

Uma das principais características de nossa sociedade é o aumento cada vez maior da demanda por abastecimento energético. Cada vez mais a humanidade precisa pensar em novas fontes de energias e a solar tem se mostrado uma ótima opção de energia alternativa, visto que tem muitas vantagens sobre outras fontes por não ser poluente, não contribuir para o efeito estufa, não precisar de geradores para a produção de energia elétrica, porém, tem como desvantagem a exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento.

A conversão da radiação solar em energia térmica é feita por coletores solares planos e concentradores. Os coletores solares planos dispõem de equipamentos relativamente simples e que podem inclusive ser construídos com técnicas e materiais rudimentares. Apesar disso, existem alguns parâmetros e características construtivas que devem ser observadas para que o coletor opere de maneira adequada. Para a instalação, é necessário ter certo grau de conhecimento no assunto, pois se deve levar em conta diversos itens, como grau de inclinação, posicionamento, a quantidade de área necessária para cada tipo de aplicação, distância até o reservatório térmico, e muitos outros critérios que podem prejudicar o desempenho do sistema de aquecimento solar.

Frente a essa realidade, seria irracional não buscar e aproveitar essa fonte de energia limpa, inesgotável e gratuita. "Isso significa uma só coisa: fontes renováveis terão um papel muito maior, mas o mundo vai continuar a usar quantidades maciças de todos os combustíveis fósseis", disse Richardson (2000).

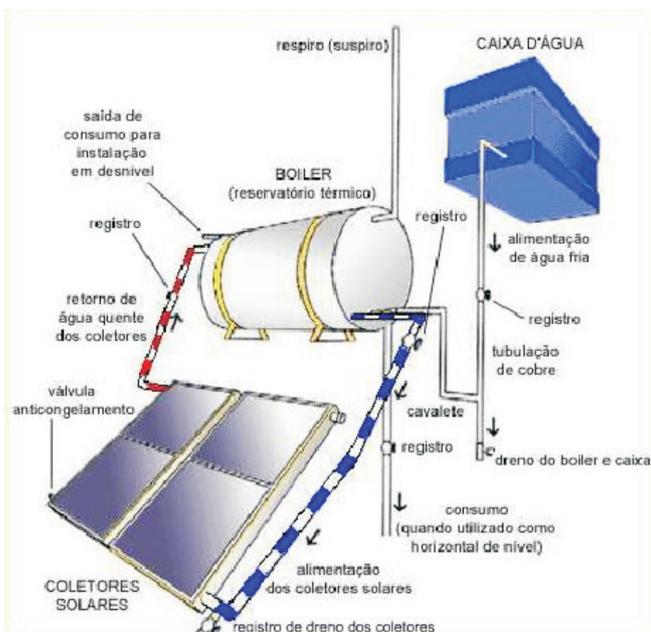


Figura 6 - Estrutura de um sistema solar simples com coletores planos e reservatório térmico - sem adição de energia elétrica
Fonte: <http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/coletorsolar.html>

Referências

- ALVARENGA, C. *Fontes Alternativas de Energia: Energia Solar*. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 207 p.
- BRAGA, B. HESPANHOL, I. CONEJO, J. G. L. ET AL. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2ª ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
- COLETOR SOLAR. Disponível em: <<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/coletorsolar.html>>. Acesso em: 23 nov. 2010.
- O COLETOR SOLAR. Solares Aquecimento Solar. Disponível em: <<http://www.solares-online.com.br/index.php?codpagina=00019169>>. Acesso em: 22 nov. 2010.
- O COLETOR SOLAR.. Universidade do Sol. Disponível em: <http://www.universidadedosol.org.br/artigos/o_coletor/>. Acesso em: 23 nov. 2010.

ENERGIA SOLAR. Disponível em: <<http://turma1422.wordpress.com/>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

ENERGIA SOLAR: formas de aproveitamento. Disponível em: <<http://petamo1.sites.uol.com.br/energiasolar.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2010.

ENERGIA SOLAR: princípios e aplicações. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2010.

FERNANDES, C.; GUARONGHI, V. Energia Solar. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/esolar/esolar.html>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

OLIVEIRA, A. A Energia Solar. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/32718/1/A-IMPORTANCIA-DA-ENERGIA-SOLAR/pagina1.html>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

RESERVATÓRIO térmico alternativo para uso em sistemas solares de aquecimento de água. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17Cbecimat-414-014.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

VANTAGENS e Desvantagens da energia solar. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-da-energia-solar/>>. Acesso em: 23 nov. 2010.

