

AQUECEDOR SOLAR COMPOSTO DE PRODUTOS DESCARTÁVEIS
MANUAL DE CONSTRUÇÃO E INSTALAÇÃO



Celesc

A Celesc Distribuição S.A., por meio do seu Programa de Responsabilidade Social, vem desenvolvendo projetos com o intuito de viabilizar políticas comprometidas com a qualidade de vida e com o desenvolvimento sustentável da sociedade, preservando recursos ambientais e culturais, respeitando a diversidade e promovendo a redução das desigualdades sociais.

O projeto Energia do Futuro é um dos vetores dessa nobre missão da Empresa.

Idealizado a partir da parceria firmada com o Sr. José Alcino Alano, criador da revolucionária tecnologia apresentada neste Manual, o projeto viabiliza a capacitação de agentes para a produção e instalação do aquecedor solar construído com embalagens recicladas.

Garrafas de refrigerante, feitas com plástico pet, caixas de leite tipo Tetra Pak, ou longa vida, bandejas de isopor e sacolas plásticas que, abandonadas na natureza, implicam [em] forte impacto ambiental, são reutilizadas e promovem o uso racional da energia elétrica, a conservação do meio-ambiente e a inclusão social.

Estudos científicos comprovam que o aquecedor solar construído a partir de material reciclado é altamente eficiente e, além de ecologicamente correto, já se configura em uma alternativa de renda para muitas famílias, devido à iniciativa da Empresa em envolver essas famílias na obtenção da matéria-prima e na produção dos aquecedores.

Desenvolvido desde 2005, o Energia do Futuro vai aos poucos conquistando cada vez mais apoio de diversas instituições e, com isso, renovando continuamente nosso compromisso com as gerações futuras, com a construção de uma sociedade justa, feliz e com acesso a todos os seus recursos ambientais e culturais preservados.

Participe conosco dessa construção.



1 APRESENTAÇÃO	7
1.1 Histórico	7
1.2 Finalidade	7
2 FUNCIONAMENTO DO AQUECEDOR SOLAR	9
2.1 Circulação por termossifão	9
2.2 Circulação forçada	9
3 PRODUZINDO OS COMPONENTES	11
3.1 Passo a passo sobre a construção do coletor solar	11
3.1.1 Escolha das garrafas PET	11
3.1.2 Caixas Tetra Pak	13
3.1.3 Corte, pintura dos tubos e montagem do coletor	15
3.2 Caixa d'água ou reservatório	18
3.3 Isolamento térmico da caixa ou reservatório	23
4 TÓPICOS REFERENTES À INSTALAÇÃO DO CONJUNTO	25
4.1 Dimensionar o projeto conforme o consumo e a região do País	25
4.2 Distâncias da caixa até os coletores e pontos de consumo	26
4.3 Como preparar e fixar os coletores	26
4.3.1 Reforçando e instalando as tubulações nos coletores	26
4.3.3 Inclinação em relação à latitude local	28
4.3.4 Desnível obrigatório dos coletores	30
4.3.5 Fixação dos coletores sobre o telhado ou em suportes	31
4.4 Isolamento térmico dos barramentos e tubulações	32
4.5 Misturadores: várias alternativas.	32
5 TESTES DE EFICIÊNCIA E DE MATERIAIS	36
5.1 Tempo necessário de exposição solar e testes de eficiência térmica	36
5.2 Análise de resistência térmica das garrafas PET	37
5.3 Ensaio de tração e alongamento	37
5.4 Ensaio de intemperismo artificial em QUV	38
5.5 Ensaio de intemperismo artificial em Weather-O-meter	38
5.6 Dosagem de Dioctilftalato (DOP):	38
5.7 Conclusão sobre os ensaios de resistência dos materiais	38
6 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	39
Lista de Materiais Necessários	39
ANEXOS	40
Tratamento de água sem produtos químicos	40
Solarização da água*	41
Alguns exemplos de aplicação em instituições	42
Bem da Vida	42

1.1 Histórico

Somos conscientes das facilidades e do conforto que as embalagens descartáveis nos proporcionam, mas é visível o impacto ambiental que causam quando descartadas de maneira incorreta e irresponsável. Não é o nosso propósito incentivar o consumo desse material para conseguir as embalagens para o projeto, mas encontrar destino útil às garrafas PET, caixas Tetra Pak, pedaços de isopor, sacolas plásticas etc.

A idéia básica é aplicá-las na confecção de um aquecedor de água alternativo em sintonia com nossa preocupação na adoção, sempre que possível, por sistemas ecologicamente corretos. Em decorrência dos resultados obtidos com esse projeto extremamente simples e de baixo custo, percebeu-se a possibilidade de viabilizar uma solução coletiva, implantando o sistema em residências de famílias com baixa renda e em instituições com fins sociais.

1.2 Finalidade

Comprovamos que é possível, com reciclagem direta e sem qualquer processo industrial, reutilizarmos essas embalagens (pós-consumo) em projetos socioambientais, propiciando mais conforto, dignidade, qualidade de vida e economia de energia elétrica às pessoas com menor poder aquisitivo. O projeto também nos leva a refletir sobre a responsabilidade individual na hora de consumir, gerando a menor quantidade possível de lixo e descartando-o corretamente. Reavaliar o nosso estilo de vida em todas as áreas é fundamental, pois atitudes simples, se adotadas por todos, minimizam os impactos desastrosos ao meio ambiente e contribuem para a nossa própria sobrevivência.

São poucas as pessoas e empresas que, de forma espontânea, demonstram ter compromisso e responsabilidade com o descarte das embalagens de seus produtos. Isso é lamentável, pois a falta de consciência ambiental e de preocupação com a sustentabilidade e o bem-estar coletivo terminam causando graves problemas. Prova disso são os lixões saturados, em terra e nos oceanos.

Há que se chamar a atenção ainda para o uso restrito do sol como fonte de energia térmica para aquecimento de água num país ensolarado como o Brasil... Há, no mercado, excelentes sistemas que você pode instalar em sua residência ou comércio. Além da redução do valor na conta de luz, ao aproveitar essa fonte de energia gratuita estamos contribuindo, principalmente nos horários de pico (entre 18h e 21h), para aliviar o sistema elétrico, beneficiando diretamente o meio ambiente.

“Não é necessária a força da lei para agirmos certo, sejamos fiscais de nós mesmos”.

Para tornar o sistema disponível publicamente, oferecendo-o como aquecedor alternativo de fácil implantação para populações de baixa renda, em 2004, foi solicitado o Pedido de Patente no Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI, eliminando o risco de solicitação de patente por terceiros, o que impediria de levar em frente o projeto. O propósito não é obter lucro na comercialização do aquecedor, ou de qualquer produto e equipamento que faça parte da sua produção e instalação. Todavia, para preservar a credibilidade do projeto, duas restrições foram necessárias:

- a) o aquecedor solar produzido com descartáveis não pode ser fabricado em escala industrial por empresas; somente por associações ou cooperativas de catadores e instituições sociais, como um gerador de renda complementar para as famílias envolvidas em sua produção;
- b) o sistema não pode ser usado para fins eleitorais ou em barganha político-partidária, sendo liberado somente para políticas sociais.

Cuidados especiais

Observação que se faz necessária é ter muito cuidado no manuseio das garrafas PET e das caixas Tetra Pak; enfim, com todo tipo de lixo. As precauções dizem respeito à procedência das embalagens, pois se elas estiverem contaminadas, há o risco de contágio por doenças extremamente graves, como por exemplo a leptospirose, causada pelo contato com a urina de ratos.

Em caso de dúvida sobre o melhor procedimento, informe-se no Departamento de Vigilância Sanitária mais próximo, na Secretaria de Saúde de seu município, ou com pessoas qualificadas.

2 FUNCIONAMENTO DO AQUECEDOR SOLAR

2.1 Circulação por termossifão

O princípio de funcionamento por termossifão é o que melhor se adapta a sistemas simples, como o do nosso projeto. É preciso, no entanto, que haja a possibilidade de instalar o coletor solar com o barramento superior do coletor ligado ao retorno de água quente (item 9), sempre abaixo do nível inferior (fundo) da caixa ou reservatório, como indicado no Diagrama nº 1 abaixo. É indicado que essa

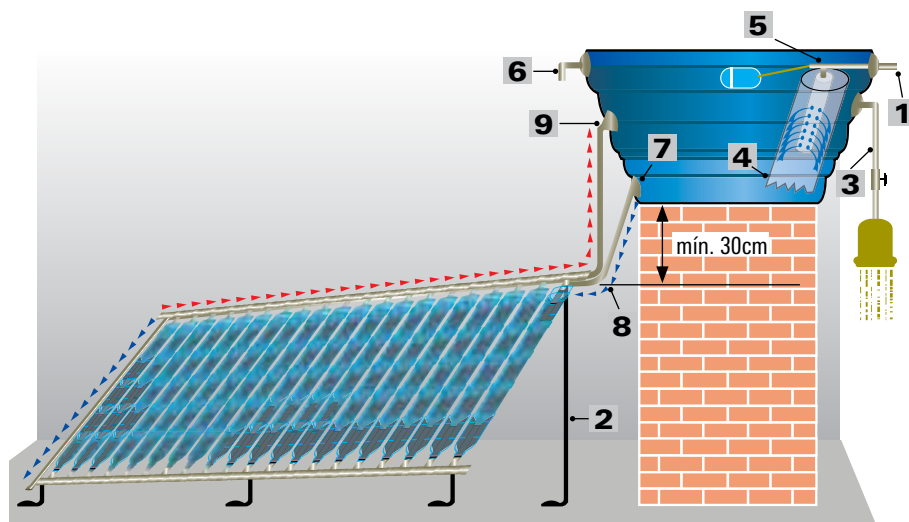


Figura 1

Diagrama básico de um aquecedor solar nº 1.

- [1] Entrada de água da rede
- [2] Suportes de fixação
- [3] Distribuição de água quente
- [4] Redutor de turbulência
- [5] Torneira bóia
- [6] Vertedouro (ladrão)
- [7] Pescador giratório
- [8] Água fria para o coletor
- [9] Retorno da água quente

diferença seja, no mínimo, de 30 centímetros e, no máximo, de 3 metros.

Essa diferença de altura é necessária para garantir a circulação da água no coletor pela diferença de densidade entre a água quente e a fria. À medida que a água esquentia nas colunas do coletor, ela sobe para a parte superior da caixa ou reservatório pressionada pela água fria que, por ser mais densa, flui para a parte inferior do coletor e empurra a água quente para cima.

Atenção: para que haja essa circulação autônoma, é necessário que o retorno de água quente (item 9 no Diagrama nº1), fique inserido na água da caixa. O efeito é idêntico aos aquecedores convencionais com sistema termossifão existentes no mercado, diferenciando-se apenas pelos materiais de fabricação. Esse processo de circulação ocorre enquanto houver radiação solar.

2.2 Circulação forçada

O sistema em que o coletor solar fica mais alto do que a caixa ou o reservatório tem como exemplo o aquecimento de piscinas (Figura 2). Esse sistema é dotado de um termossensor, responsável pelo acionamento de uma motobomba. Ou seja, assim que o coletor solar produz água quente e atinge uma temperatura pré-estabelecida, o termo-sensor aciona a motobomba para efetuar a

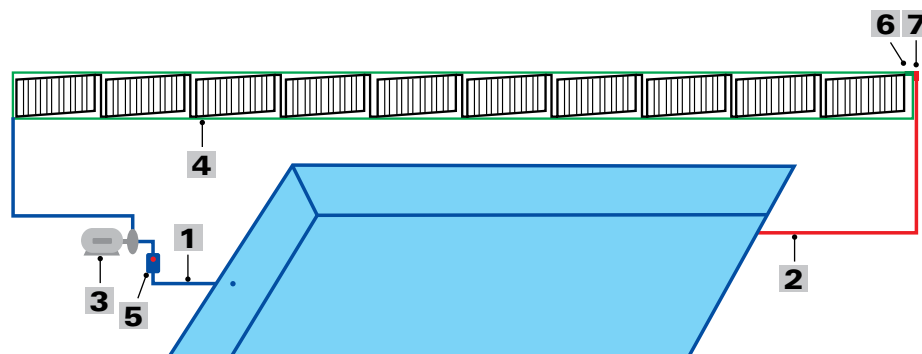
troca de água quente pela fria no coletor e, depois, desliga a motobomba. Esse ciclo se repete enquanto tiver radiação solar suficiente para realizar o aquecimento da água.

É necessária a instalação de uma válvula de retenção (item 5), para que nos horários sem o sol sobre os coletores seja evitado o ciclo inverso, já que a água do coletor está fria e mais pesada do que a água da piscina, caixa ou reservatório. Se não for feito isso, o coletor funcionará como um dissipador de calor, que esfriará toda água quente armazenada ou sendo aquecida por aquecimento elétrico complementar, quando disponível no sistema

Figura 2

Diagrama básico de aquecimento de piscina.

- [1] Entrada de água na motobomba
- [2] Retorno de água quente
- [3] Motobomba
- [4] Suportes
- [5] Válvula de retenção
- [6] Válvula antivácuo
- [7] Termosensor

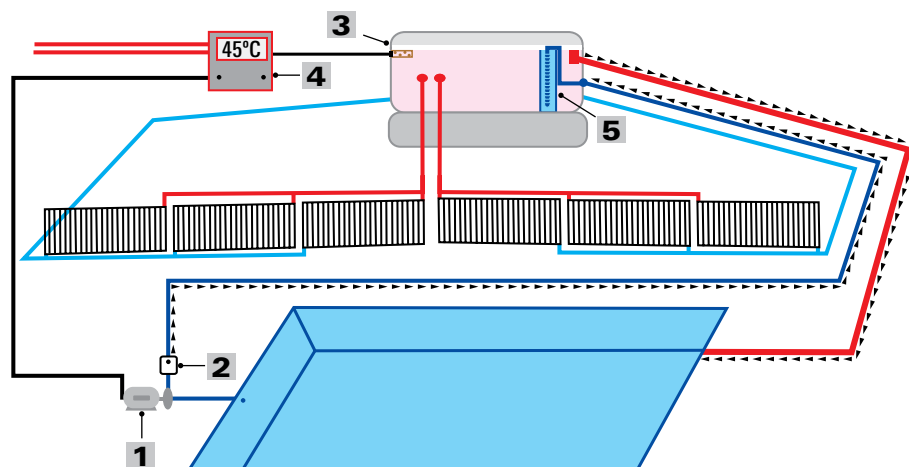


Em virtude de uma possível falta de energia elétrica ou pane em um dos componentes do sistema de bombeamento, por medida de segurança, criamos um sistema misto que garante a circulação nos coletores por termossifão. Quando a água da caixa atinge a temperatura superior pré-determinada pelo comando, cabe ao sensor instalado na caixa acionar a motobomba e enviar a água para ser aquecida ao fundo da mesma, drenando com isso todo o volume de água quente através de um vertedouro (ladrão), até que o sensor detecte a água com a temperatura inferior pré-estabelecida e desative a motobomba.

Figura 3

Sistema misto para aquecimento de piscina

- [1] Motobomba
- [2] Válvula de retenção
- [3] Termo sensor
- [4] Comando
- [5] Redutor de turbulência



3 PRODUZINDO OS COMPONENTES

3.1 Passo a passo sobre a construção do coletor solar

O coletor solar é responsável diretamente pelo bom desempenho de um sistema de aquecimento, por isso mesmo requer atenção muito especial. Nosso coletor solar diferencia-se dos demais pelos materiais usados na sua construção e pelo rendimento térmico obtido. Para baixar os custos, usamos tubos e conexões de PVC nas colunas de absorção térmica, que são menos eficientes do que os tubos de cobre ou alumínio aplicados nos coletores convencionais. As garrafas PET e as caixas Tetra Pak substituem a caixa metálica, o painel de absorção térmica e o vidro utilizado nos coletores convencionais. A caixa metálica com vidro ou as garrafas PET têm como função proteger o interior do coletor das interferências externas, principalmente ventos e oscilações da temperatura, criando um ambiente próprio. O calor absorvido pelas caixas Tetra Pak, pintadas de preto fosco, fica retido no interior das garrafas e é transferido para a água pelas colunas de PVC, também pintadas de preto. Apesar de simples, um sistema de aquecimento solar possui detalhes fundamentais, na sua confecção e instalação, para um bom funcionamento.

O dimensionamento do coletor solar em relação à caixa d'água ou acumulador é importantíssimo para limitar a temperatura aos níveis que mantenham a rigidez do PVC (temperatura máxima de 55°C quando aplicado em sistemas com baixa pressão), sem causar o amolecimento do material e, por consequência, comprometer a estrutura do coletor solar ou de todo o conjunto, vindo a provocar vazamentos ou mesmo a destruição do coletor solar. O dimensionamento correto permite que a água que circula no coletor seja aquecida e, também, limita a temperatura aos níveis seguros ao PVC.

No capítulo 4, item 4.1, Dimensionar o projeto conforme o consumo e região do País, há o detalhamento sobre o dimensionamento do projeto.

3.1.1 Escolha das garrafas PET

Dois são os tipos de garrafas PET de dois litros usados na construção do aquecedor, com preferência às garrafas transparentes (cristal), lisas (tipo Fanta) e as cinturadas tipo Pepsi, Coca-Cola, ou de outras marcas, porém com o mesmo perfil. A título de informação sobre a durabilidade do sistema: o primeiro coletor solar que instalamos em nossa residência foi feito com garrafas (cristal) lisas, tendo completado, em maio de 2008, cinco anos e meio.

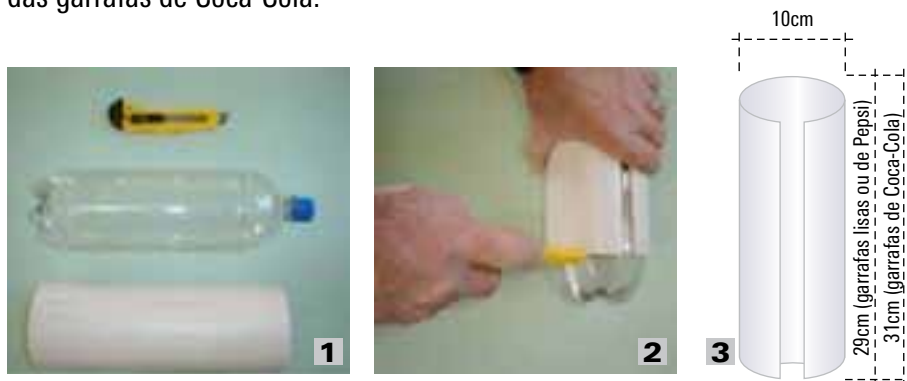
Nota-se que há fuga de calor entre as garrafas, em razão da dilatação entre elas, já que, por serem lisas e totalmente retas, não limitam o encaixe, o que não ocorre com o outro coletor feito, há cinco anos, com garrafas cinturadas de Coca-Cola e Pepsi.

Para facilitar o corte das garrafas, sugerimos o uso de um gabarito simples, ou seja, corte dois pedaços de tubos de PVC de 100mm de diâmetro: um com 29cm, e o outro, com 31cm. Em seguida, faça um corte longitudinal nos dois tubos para possibilitar a introdução da garrafa e definir o tamanho do corte a ser feito (vide figuras abaixo). O tubo de 29cm servirá como medida para o corte das garrafas lisas e as de Pepsi, e o tubo de 31cm, apenas para o corte das garrafas de Coca-Cola.

Figura 4

Utilização de garrafas PET

- [1] Garrafa PET transparente e lisa, estilete para o corte e o tubo que serve como gabarito.
- [2] O corte da garrafa
- [3] Esquema do tubo-gabarito



Corte as garrafas com o tamanho suficiente para se ajustarem entre si, o que evitará a fuga do calor gerado e a entrada de umidade. As medidas dos tubos devem ser ajustadas conforme a região do País, pois há diferença na altura, já que essas garrafas são sopradas em matrizes com o mesmo volume (2 litros), mas com perfil diferente. Mesmo entre as garrafas de Pepsi e de Coca-Cola há diferentes tamanhos, justamente por causa das matrizes usadas.

Para facilitar os cortes e as dobras nas caixas Tetra Pak, e o corte das garrafas PET para projetos maiores, fizemos alguns equipamentos que agilizam muito essas operações. Caso tenham interesse em conhecê-los ou construí-los, as informações básicas estão no vídeo disponível no seguinte endereço:

<http://video.msn.com/video.aspx?mkt=pt-br&user=5709179723580993805>. Basta clicar em: Cortadores e dobrador (...), e aguardar carregar até a faixa vermelha passar da metade para depois apertar o Play.

Algumas sugestões: após consumir o refrigerante, lave a garrafa, vire-a de boca para baixo e deixe escorrer a água. Depois, leve à geladeira por 2 minutos sem a tampa e, ao retirar da geladeira, tampe-a rapidamente. O ar frio no interior da garrafa, ao voltar à temperatura ambiente, causará o aumento do volume, pressurizando a garrafa e eliminando o risco de amassar, quando guardada em lugar frio até a sua aplicação no coletor solar.

Mesmo que tenha poucas garrafas e, entre elas algumas amassadas, elas poderão ser aproveitadas. Adicione 100ml de água fria, tampe-a e leve-a ao forno microondas por 45 segundos. Ao retirá-la do forno, gire no sentido horizontal por uns 10 segundos, deixe-a em pé e só depois, com cuidado, desenrosque a tampa lentamente para liberar a pressão. Jogue a água fora rapidamente, evitando que a garrafa se deforme com a água quente em seu interior, sem a sustentação da pressão, deixando-a esfriar sem a tampa.

Observação: nessa operação, use óculos de proteção, luvas, avental, e em local longe o suficiente de outras pessoas.

3.1.2 Caixas Tetra Pak

As caixas Tetra Pak são compostas por 5% de alumínio, 20% de polietileno e 75% de celulose, o que dificulta sua reciclagem apenas como papel, em vista da necessidade de equipamentos especiais para separação dos três materiais. Poucas são as empresas especializadas em tal processamento. Isso desestimula os catadores, apesar de campanhas feitas pelo seu principal fabricante no Brasil (vide Revista Superinteressante de julho de 2004, página 79).

A aplicação dessas embalagens em nosso projeto oferece excelentes resultados, pois a combinação dos três materiais evita que se deformem pela temperatura a que serão submetidas, ao contrário do que aconteceria se optássemos por papel comum. Vale lembrar que as caixas vazias devem ser abertas pela parte de cima, onde há o picote de consumo, para descolar as “orelhas” que a mantêm montada. Em seguida, as embalagens devem ser lavadas e posicionadas para que escorra toda a água, pois caso não sejam muito bem higienizadas, haverá forte mau cheiro em virtude da proliferação de microorganismos. Na sequência, devemos guardá-las planificadas para reduzir o espaço necessário para armazenagem, deixando-as prontas para os cortes, as dobras e a pintura.

Para simplificar o corte, adotamos um único tamanho para os diversos tipos de garrafas, com 22,5cm de comprimento e 1 corte de 7cm na parte de baixo da caixa, que servirá de encaixe para o gargalo da próxima garrafa. Devemos dobrá-la aproveitando os próprios vincos laterais da embalagem e fazer mais duas dobras em diagonal na parte de cima, para que se amolde à curvatura superior interna da garrafa, dando também sustentação à caixa e mantendo-a reta e encostada no tubo de PVC.

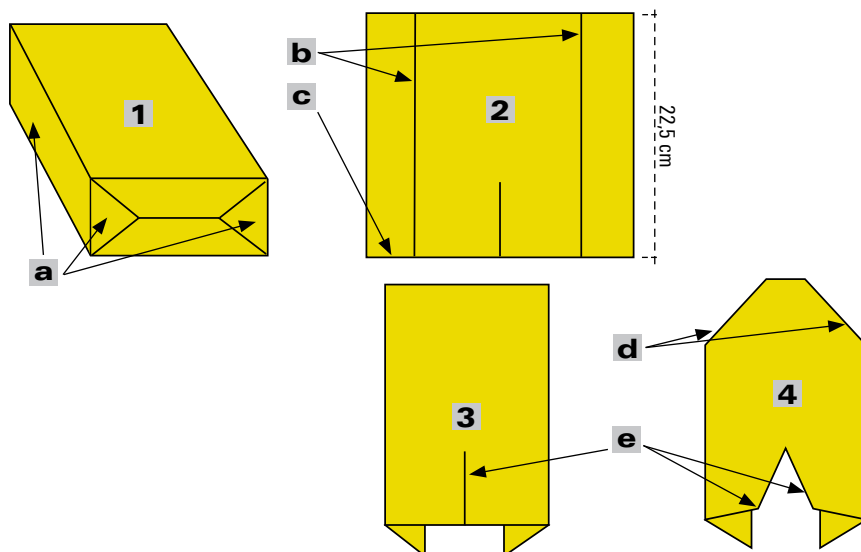


Figura 5

Diagrama demonstrando o procedimento com as caixas Tetra Pak.

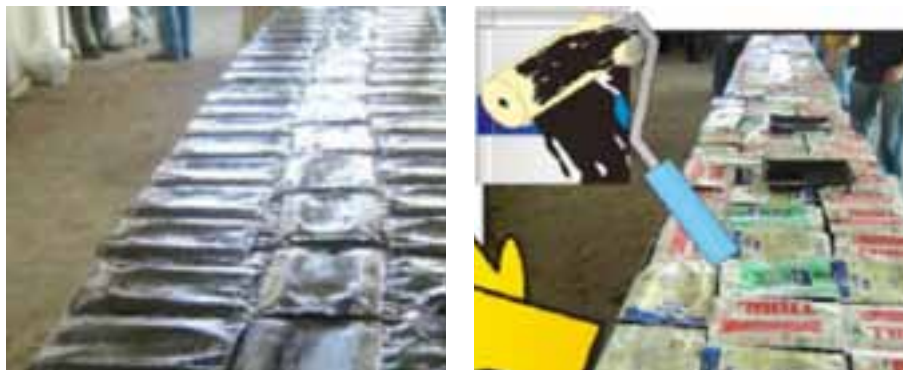
(1) Com a caixa de leite montada, descolar as orelhas (a) dos quatro cantos. (2) Em seguida, precione a caixa para que ela amasse e fique planificada. Corte com 22,5cm (c) de comprimento e dobre as laterais, nos vicos (b) existentes na caixa. (3) A caixa com as laterais dobradas. (4) Dobre as pontas (d) em diagonal para ajustá-las ao desenho da garrafa e também as duas pontas da parte inferior (e) no corte de 7cm, para o encaixe da próxima garrafa.

Obs: todas as pontas devem ser dobradas para baixo.

A tinta utilizada no coletor solar deverá ser esmalte sintético preto fosco, secagem rápida para exteriores e interiores, indicada para materiais como ferro e madeira. Sugerimos evitar a compra de tinta em spray, que torna a pintura muito mais cara. Em projetos pequenos, dê preferência a latas de 1kg, e, para melhor aproveitamento, espalhe as caixas devidamente planificadas lado-a-lado, pintando várias de uma só vez com um rolo de pintura.

Figura 6

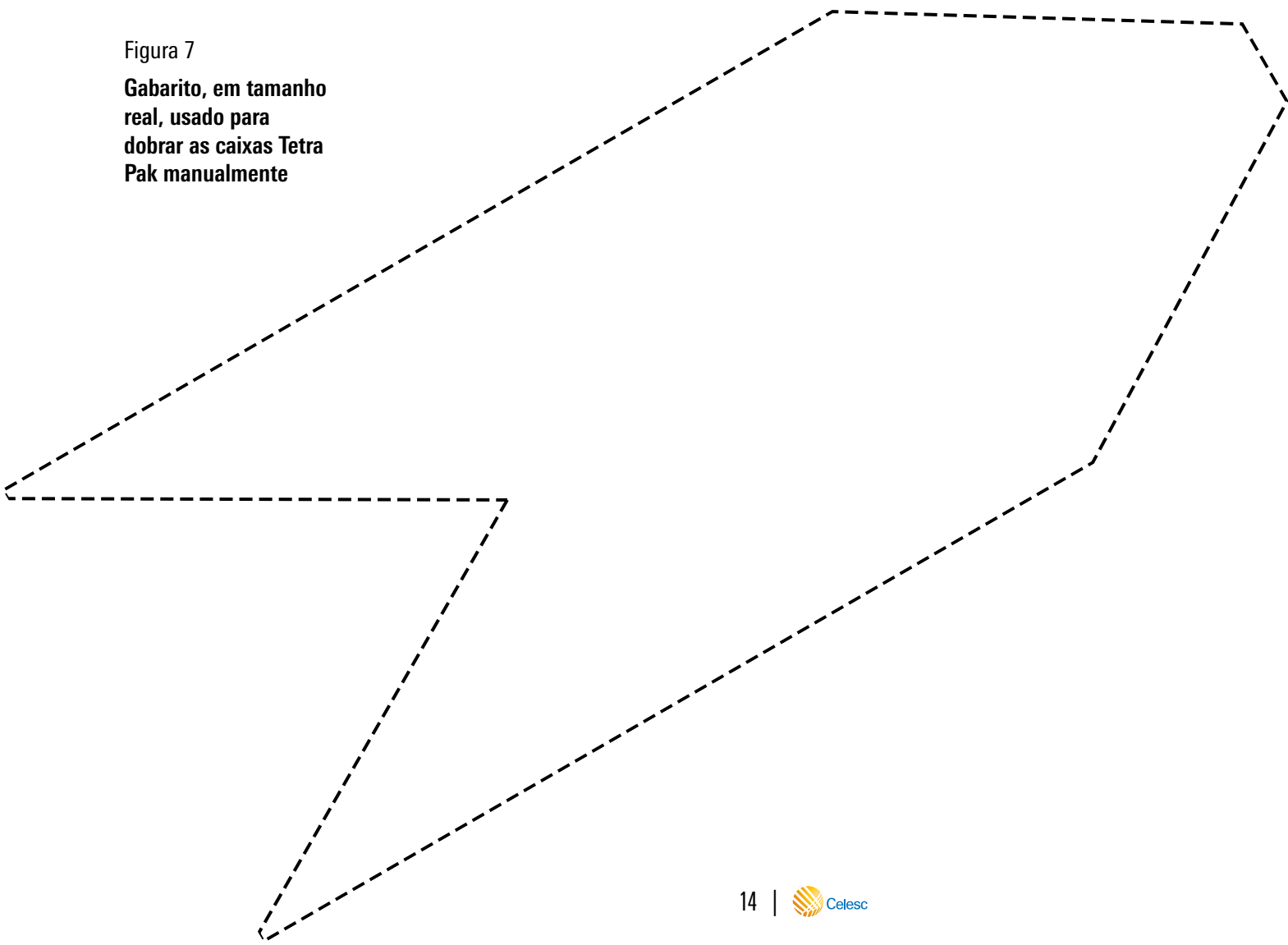
Pintura das caixas Tetra Pak.



Observação: a tinta com brilho compromete o desempenho do coletor, porque parte dos raios solares serão refletidos. Também devido à umidade residual existente nas caixinhas, é normal formar condensação (umidade) no interior das garrafas nas primeiras horas de exposição ao sol do coletor solar. **Todos os cortes e dobras devem ser feitos antes da pintura.**

Figura 7

Gabarito, em tamanho real, usado para dobrar as caixas Tetra Pak manualmente



3.1.3 Corte, pintura dos tubos e montagem do coletor

Os tubos das colunas do coletor solar devem ser cortados de acordo com os tipos de garrafas disponíveis.

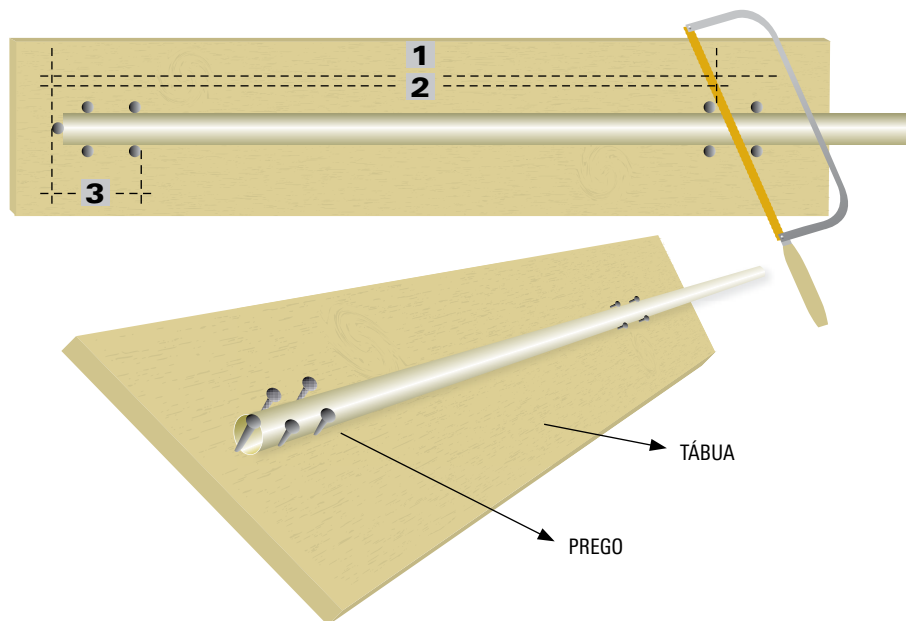


Figura 8

O gabarito para corte dos tubos das colunas do coletor solar é constituído por 9 pregos fixados a uma tábua e serve para padronizar as medidas e agilizar os cortes.

Medidas

- [1] 105cm - para colunas com 5 garrafas de Coca-Cola de 2 litros.
- [2] 100cm - para colunas com 5 garrafas cinturadas (Pepsi, Sukita) de 2 litros.
- [3] 8cm - medida padrão para todos os tipos de garrafas de 2 litros.

Observação: como citamos anteriormente, em razão dos diversos tamanhos e modelos de garrafas existentes, sugerimos uma seleção prévia antes de cortá-las, para, em seguida, encaixá-las em fileiras de 5 garrafas. Escolha entre as fileiras uma fileira com o tipo de garrafa que ficou mais alta e use-a para determinar o tamanho dos tubos a serem cortados. Para as fileiras mais baixas, corte uma 6ª garrafa no tamanho que compense a diferença, já que os tubos devem ter um tamanho único.

O motivo de aplicarmos, no máximo, cinco garrafas por coluna é facilitar a instalação do coletor solar em relação à altura da caixa d'água, conforme abordado no **item 2.1**, pois aqui no Sul do País existe maior inclinação em razão da latitude local. Citamos, como exemplo, Tubarão em Santa Catarina, cidade onde moramos com latitude 28°28' S. Em Fortaleza (CE), a latitude é de 3°43' S. Voltaremos ao assunto no **item 4 Tópicos referentes à instalação do conjunto**.

Antes de pintar os tubos das colunas com a mesma tinta aplicada nas caixas, devemos isolar as duas extremidades de cada tubo com fita crepe de 19mm. A razão é preservar o espaço que será inserido nas conexões tipo "T", sem tinta, servindo também na hora da montagem como referência de encaixe perfeito. Os tubos de 20mm(1/2) de distanciamento entre colunas devem ser cortados com 8cm e mantidos sem pintura. Essa medida é padrão para todos coletores que utilizem garrafas de tamanho 2 litros.

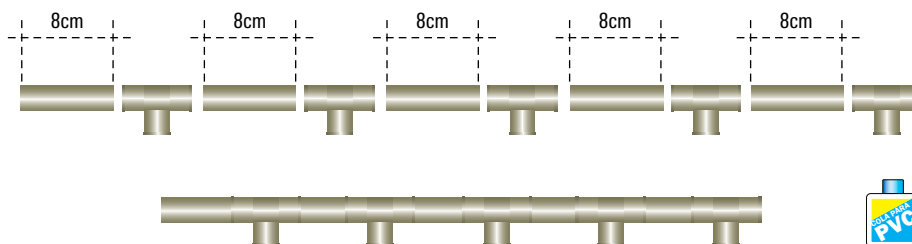
A montagem do coletor é muito simples: requer apenas atenção na sequência de colocação dos componentes, tomando-se sempre o cuidado de não aplicar o adesivo no fechamento inferior de cada módulo. É necessário apenas que se encaixe o barramento às colunas com a ajuda de um sarrafo de madeira e um martelo de borracha, o que facilita a manutenção, quando necessária, pois basta desencaixar o barramento inferior para fazer a manutenção e encaixá-lo novamente às colunas depois.

Se fossem coladas, teríamos que cortar todas as colunas, o que dificultaria o seu reaproveitamento e causaria a perda total do barramento inferior.

Para iniciar a confecção do coletor solar, cada barramento, superior ou inferior, será composto de 5 conexões “T” e 5 distanciadores de 8 cm, procedendo conforme Figura 9:

Figura 9

Cada barramento do coletor é composto por 5 conexões “T” e respectivos distanciadores de 8cm.



O segundo passo é inserir, também com adesivo, os 5 tubos (colunas) ao que será o barramento superior (Figura 10 [1]), sendo o passo seguinte a montagem das garrafas e caixas longa vida (Figuras 10 [3 e 4]). Em regiões muito frias, é interessante preencher a parte de baixo, entre a garrafa e a caixa longa vida (Figura 10 [6 e 7]), com algum tipo de isotérmico que não absorva umidade, como rótulos plásticos ou sacolas plásticas. Também achamos oportuno sugerir que, para fechar a última garrafa, utilize os fundos que foram retirados das garrafas, furando-os com uma serra copo de 20 mm, em substituição à ponta de mais uma garrafa que utilizaríamos para fazer tal fechamento. Mas atente para que o tamanho de cada coluna de garrafas tenha a mesma altura do tubo ou coluna (Figura 10 [4]). Esse cuidado é necessário para que as garrafas fiquem firmes e não haja vazamento do calor gerado dentro delas.

Finalizando a montagem do módulo, encaixe o barramento inferior (Figuras 10 [4 e 5]), “sem adesivo”, utilizando um martelo de borracha e um sarrafo estreito de madeira (3 cm), com o cuidado de bater sempre no centro do “T”, pois se bater nas extremidades o risco de rachá-lo será alto. Para proteger a parte do conjunto que fica encostada no chão, é aconselhável usar uma tábua, ou papelão grosso, reduzindo o impacto causado sobre o piso.

A primeira garrafa de cada coluna deve ser vedada com tiras de borracha (ex.: câmaras de ar) ou fita autofusão, para evitar a fuga do calor gerado no interior da coluna e impedir que o vento gire as garrafas e tire as caixas longa vida, pintadas em preto fosco, da posição voltada para o sol, o que reduziria o rendimento térmico do coletor (Figura 11).

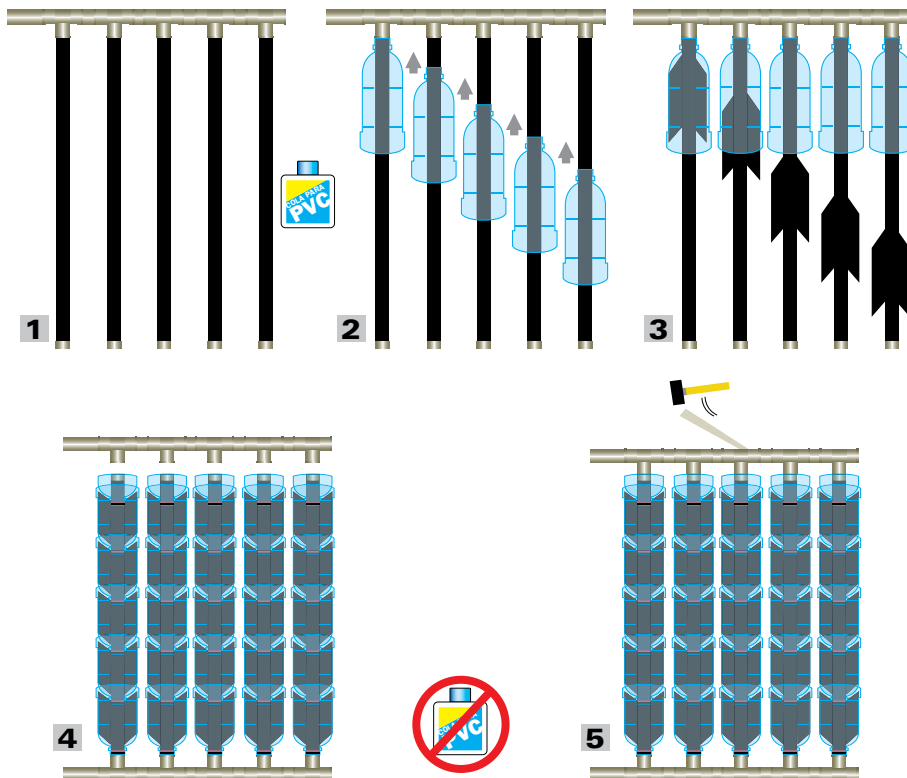


Figura 10

- [1] Acoplagem, com adesivo, dos cinco tubos (colunas) ao que será o barramento superior.
- [2/3] Montagem das garrafas e caixas longa vida.
- [4/5] Encaixe do barramento inferior, também sem adesivo, feito com o auxílio de um martelo de borracha e de um sarrafo estreito com 3cm.
- [6/7] Preenchimento do espaço de baixo, entre a garrafa e a caixa longa vida, com material isotérmico que não absorva umidade. Esse procedimento é indicado para regiões muito frias.



Figura 11

Vedação, com fita autofusão, da primeira garrafa de cada coluna.

- [1] A fita autofusão sendo manuseada.
- [2] A aplicação da fita.
- [3] A fita aplicada.

Como referência: em um aquecedor solar para uma família com quatro pessoas, serão usadas 240 garrafas PET (2L) ou 200, se o fechamento inferior for feito nos fundos das garrafas furados com serra copo, e 200 caixas longa vida retangular (1L), quantidade suficiente para dois coletores solares com quatro módulos cada, idênticos ao mostrado na Figura 12. Isso é suficiente para aquecer 200 litros de água, no mínimo.

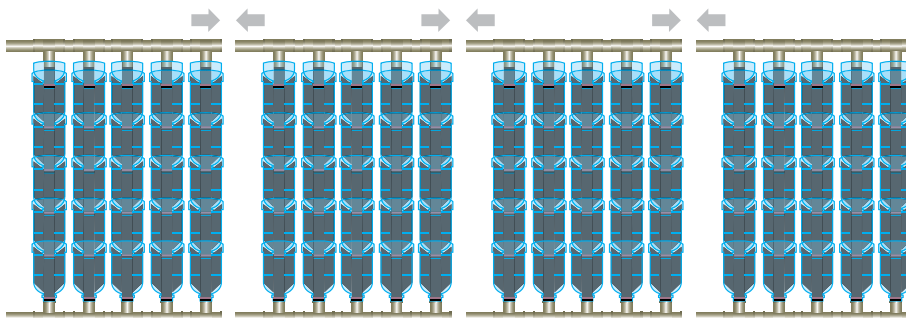


Figura 12

Dois coletores solares como esse, com quatro módulos, são suficientes para aquecer água para o consumo de uma família com quatro pessoas.

A opção por módulos com 5 colunas é pela facilidade de manejo na hora de construir ou transportar o coletor. Um coletor com, no máximo, 5 módulos evita que, devido ao comprimento, se formem curvaturas e bolhas de ar se acumulem no barramento superior. Essas bolhas podem interromper a circulação e superaquecer a água no interior do coletor solar, fazendo com que a alta temperatura amoleça o PVC e danifique o equipamento. Essas curvaturas nos barramentos também geram tensões sobre as conexões “T”, causando trincas e vazamentos, com exceção de projetos grandes, em que os desníveis são acentuados, os suportes reforçados, de ferro galvanizado, e o diâmetro das tubulações que os interligam, com, no mínimo, 32mm. Trataremos deste assunto detalhadamente no capítulo: 4 Tópicos referentes à instalação do conjunto.

3.2 Caixa d'água ou reservatório

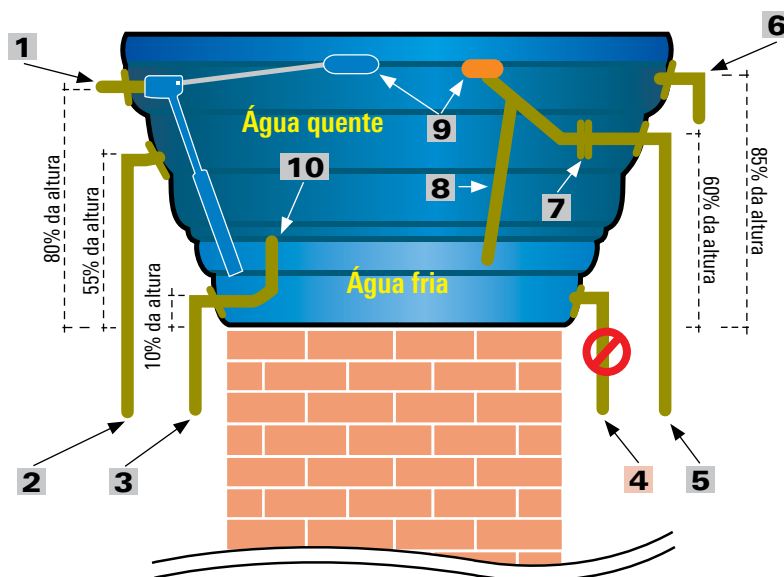
Aplicamos no projeto, em nossa residência, uma caixa plástica de 250 litros somente como reservatório de água quente, mas isso não indica que caixas de outros materiais sejam dispensadas. Entretanto, tenha muito cuidado e não use recipientes vazios de produtos químicos, pesticidas, inseticidas etc. Mesmo bem lavados, continuarão contaminados e oferecendo riscos à saúde. Portanto, evite transtornos e tenha certeza da origem do material usado.

A Figura 13 detalha o percentual, em relação à altura da caixa d'água, que devem ser feitas as furações para os flanges, onde serão instaladas: a entrada da torneira bóia e o retorno de água quente dos coletores solares, e as saídas de água quente para o consumo, de água fria a ser aquecida pelos coletores solares e para o vertedouro (ladrão).

Figura 13

Relação entre a altura da caixa d'água e posição dos furos para os flanges:

- [1] Entrada de água da rede
- [2] Retorno do coletor solar.
- [3] Saída de água para o coletor.
- [4] Sem saída de água fria para consumo.
- [5] Saída de água quente para consumo.
- [6] Vertedouro (ladrão)
- [7] União (sem o anel) que torna giratório o captor/misturador.
- [8] Limitador do consumo d'água, caso haja falta para reposição.
- [9] Bóias = entrada e captador.
- [10] Pescador giratório que determina a quantidade de água a ser aquecida.



A própria caixa d'água existente poderá ser aproveitada, desde que a quantidade de água fria não ultrapasse 1/3 do volume total da água a ser aquecida. Por exemplo, se a caixa d'água instalada for de 500 litros, para obter bom rendimento térmico, os coletores solares deverão totalizar 350 garrafas e, no máximo, 400 garrafas, sempre utilizando o pescador giratório.

O pescador giratório, item 10 da Figura 13, é uma alternativa interessante, pois ele tem como função variar o volume de água a ser aquecida, dando a opção de escolher a quantidade e temperatura que desejamos. Ele nada mais é do que uma curva de PVC com um pedaço de tubo, acoplado ao flange que leva a água fria até os coletores solares. Com esse recurso, o volume de água abaixo do nível escolhido não será aquecido, o qual poderá ser utilizado no captador, da Figura 18, na função de misturador. Mas tome o cuidado para que o número de garrafas não exceda o número de litros de água a ser aquecida. Também é uma ótima opção para ser utilizada como laboratório em experiências escolares.

Atenção: vale lembrar que esse sistema em que a caixa d'água fornece água quente e fria somente poderá ser utilizado onde a rede de abastecimento seja confiável (Figura 14).

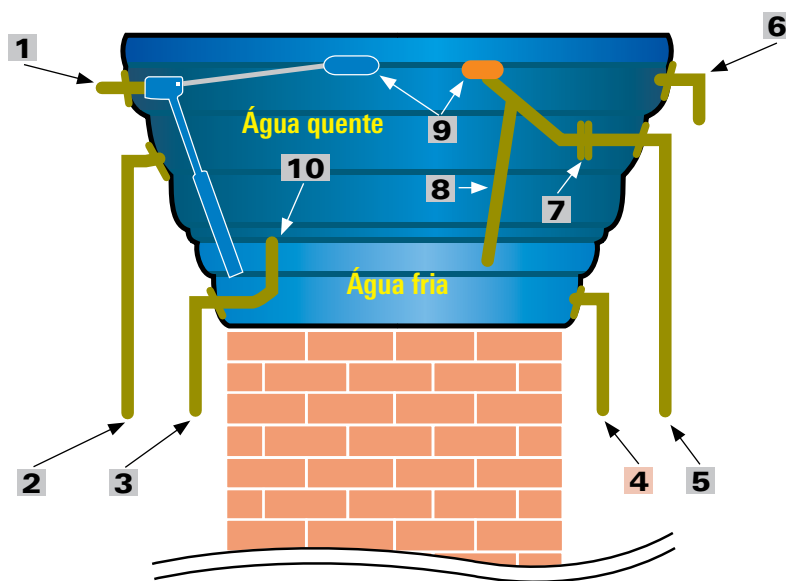


Figura 14

Caixa d'água para o fornecimento de água quente e fria:

- [1] Entrada de água da rede
- [2] Retorno do coletor solar.
- [3] Saída de água para o coletor.
- [4] Saída de água fria para consumo.
- [5] Saída de água quente para consumo.
- [6] Vertedouro (ladrão).
- [7] União (sem o anel) que torna giratório o captor/misturador.
- [8] Limitador do consumo d'água, caso haja falta para reposição.
- [9] Bóias = entrada e captador.
- [10] Pescador giratório que determina a quantidade de água a ser aquecida.

Por experiência própria, recomendamos que se instale uma outra caixa d'água somente para o sistema de aquecimento. O motivo principal é a segurança dos coletores solares, porque não será necessário que se instale uma saída de água fria para consumo próximo ao fundo dessa nova caixa, já que a água fria continuará sendo fornecida pelo sistema preexistente, ou seja, da caixa antiga. E se faltar água de reposição, vinda da rede pública, a saída de água quente para o consumo conta com um limitador, o captador/misturador flutuante (Figura 18). Ainda que falte água para o consumo, esse dispositivo conservará na caixa o volume de água suficiente para manter submersas as ligações com os coletores solares (Figura 16), requisito indispensável para que a circulação autônoma do sistema por termossifão aconteça. A água circula por diferença de densidade, mas não ao ponto de retornar acima do nível da água na caixa. Com referência à saída de água fria da mesma caixa, não seria possível limitar o consumo, pois se ela é instalada próximo ao fundo da caixa, numa possível falta d'água da rede de abastecimento, o nível baixaria a ponto de paralisar a circulação, provocando o superaquecimento dos coletores solares.

Observação muito importante: jamais ligue a saída de água fria para os coletores em uma caixa e o retorno com a água quente em outra caixa.

Figura 15

Interligação de duas caixas utilizada em projetos maiores. Nesse caso, a diferença de densidade equaliza tanto o volume quanto a temperatura da água nas duas caixas.

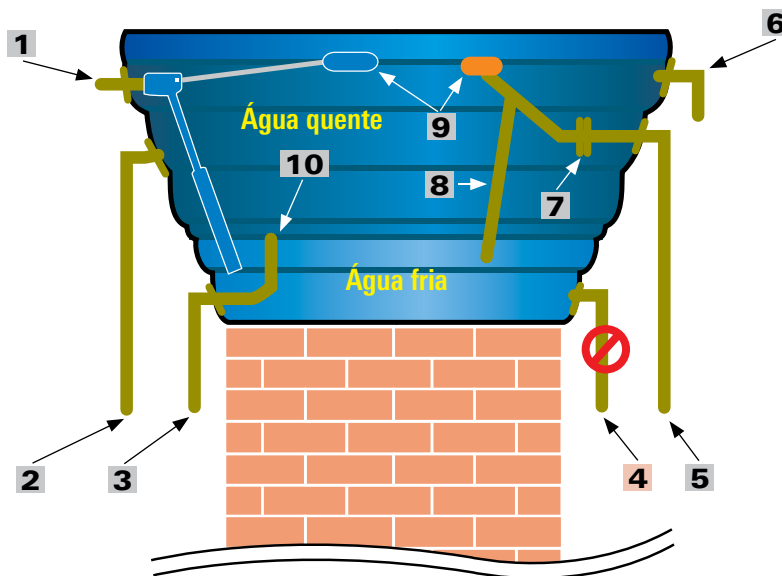


Em projetos maiores, por uma questão de praticidade no manuseio, é frequente utilizar duas caixas. Mas elas deverão ser interligadas próximo ao fundo e a 60% da altura dela (Figura 15), e utilizadas apenas para o sistema de aquecimento. Portanto, o fornecimento de água fria cabe ao sistema preexistente ou a outra caixa.

Figura 16

Caixa d'água adicional sem saída de água fria:

- [1] Entrada de água da rede
- [2] Retorno do coletor solar.
- [3] Saída de água para o coletor.
- [4] Sem saída de água fria para consumo.
- [5] Saída de água quente para consumo.
- [6] Vertedouro (ladrão)
- [7] União (sem o anel) que torna giratório o captor/misturador.
- [8] Limitador do consumo d'água, caso haja falta para reposição.
- [9] Bóias = entrada e captador.
- [10] Pescador giratório que determina a quantidade de água a ser aquecida.



Na Figura 17, é possível visualizar toda instalação da caixa d'água e a função de cada item, faltando apenas o redutor de turbulência.

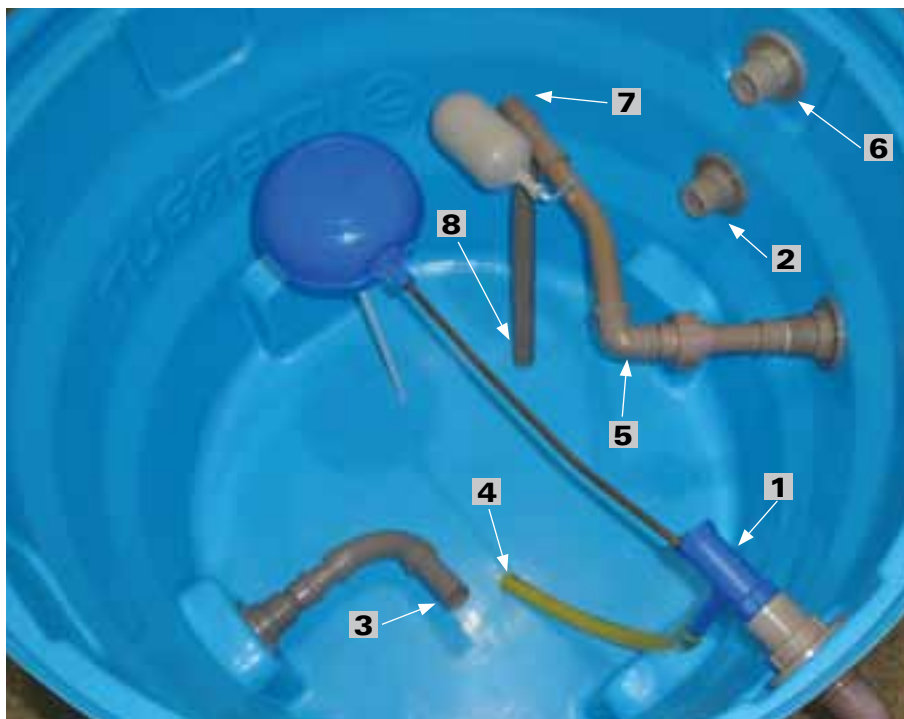


Figura 17

Componentes da caixa d'água e suas funções:

- [1] Torneira bóia (entrada).
- [2] Retorno do coletor solar.
- [3] Saída para o coletor com pescador.
- [4] Direcionador ou redutor de turbulência.
- [5] Conjunto de captação para consumo.
- [6] Vertedouro (ladrão).
- [7] Captação de água quente.
- [8] Limitador do consumo com opção para captação de água fria e para agir como misturador.

Na Figura 18, é mostrada a relação dos componentes utilizados na confecção do captador/misturador e limitador de consumo, observando que não são citadas as medidas dos tubos e conexões, porque isso depende do tamanho do projeto, podendo variar entre 25mm e 32 mm.

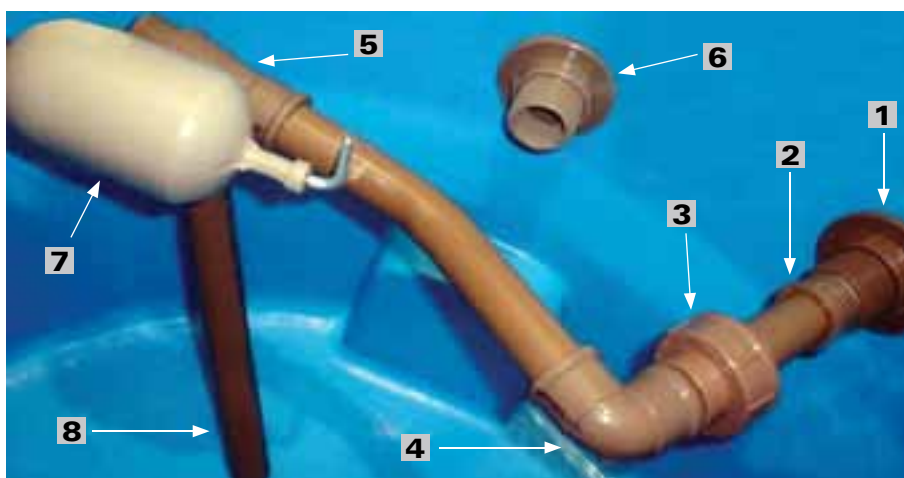


Figura 18

Componentes do captador/misturador e do limitador de consumo:

- [1] Flange com rosca interna.
- [2] Conexão adaptador.
- [3] União sem anel de borracha.
- [4] Conexão/Joelho.
- [5] Conexão "T".
- [6] Flange - retorno do coletor.
- [7] Boia do captador/misturador.
- [8] Tubo que limita o consumo.

A Figura 19 descreve as funções da união e como aplicá-la e, na Figura 20, mostra-se a opção de que se feche o limitador com um tampão, fazendo com que o captador colete somente água quente.

Figura 19

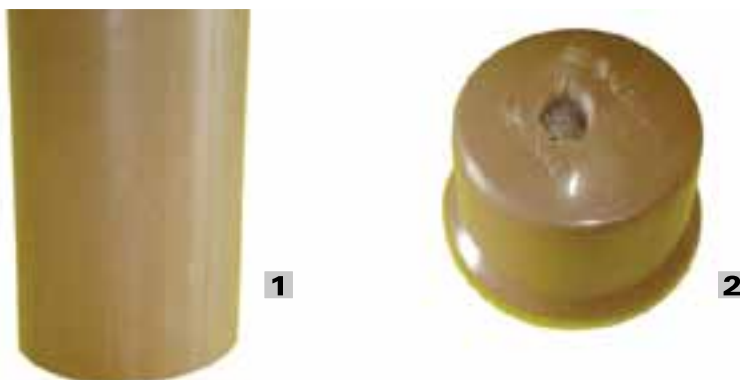
Parte móvel do captador (item 3 da figura anterior):

Desmonte a peça e retire o anel de borracha [3]. Monte-a novamente até que fique firme e, em seguida, retorne 1/4 de volta, o que é suficiente para que uma parte da união (2) gire livremente. Fure as partes roscáveis (1) na transversal, travando-as com um fio de nylon, mantendo, dessa forma, a regulação pré-estabelecida.



Figura 20

(1) Tubo que limita o consumo de água da caixa, caso falte para reposição. Além de agir como um misturador, se fecharmos a parte inferior com um tampão (cap) (2), será possível coletar somente água quente para consumo.



Em projetos nos quais haverá consumo rápido, como, por exemplo, no uso simultâneo de vários chuveiros, se faz necessária a instalação de uma torneira bóia de alta vazão, para que seja reposta a água consumida rapidamente, mas sem causar turbulência. Por isso, existe a importância de se instalar o redutor de turbulência (Figuras 21).

Instalado junto à torneira bóia (item 1), o redutor tem como função direcionar a água fria de reposição ao fundo da caixa d'água sem causar turbulência e evitando a mistura da água quente com a fria. Na figura 21, está descrito o seu funcionamento. O item 2 é apenas um pedaço de tubo com diâmetro variável, pois depende da torneira bóia a ser utilizada, e tem a função de direcionar a água até 5cm do fundo do 2º tubo, item 3, de 50mm. Esse tubo, com a parte inferior fechada, tem 20 furos de 10mm ao seu redor. Atenção: as furações devem ser feitas apenas no corpo central do tubo, deixando sem furos os 3cm na extremidade superior e os 5cm na parte inferior (tampado) (Item 4, tubo de 100mm que serve de condutor para a água sem turbulência).

Porque ele reduz a turbulência? O jato d'água liberado pela bóia através do item 2 é dirigido até o fundo do item 3, causando turbilhonamento no seu interior, mas impossibilitando que a água retorne para cima, pois será drenada pelos furos laterais. Essa água liberada do item 3, já atenuada, é enviada para o fundo da caixa pelo tubo de 100mm, item 4, devidamente recortado na forma de dente de serra (dentes em média de 20mm), apoiado no fundo da caixa e encostado à parte de baixo da bóia. (Figura 21).

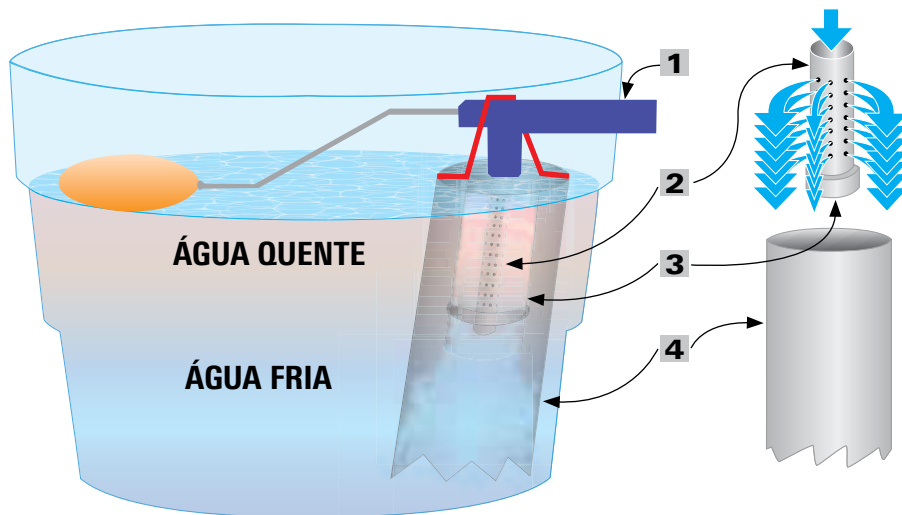


Figura 21

Componentes do redutor de turbulência:

- [1] Torneira bóia simples ou de alta vazão.
- [2] Tubo de prolongamento da bóia.
- [3] Tubo de 50mm com 35cm de comprimento, tapado na parte inferior e com 20 furos de 10mm.
- [4] Tubo de 100mm, com o comprimento igual à distância entre o fundo da caixa e a parte de baixo da bóia.

3.3 Isolamento térmico da caixa ou reservatório

Nos acumuladores convencionais de mercado, usam-se isotérmicos de alta eficiência. Tais acumuladores, em sua maioria, dispõem de aquecimento complementar com energia elétrica ou a gás, para os dias chuvosos ou encobertos, que é controlado por termostatos que acionam esse recurso sempre que a temperatura da água fique abaixo do preestabelecido pelo usuário.

Por ter a característica de ser viável economicamente, o nosso projeto não dispõe desse aparato, sendo substituído por chuveiro elétrico com controle eletrônico, por modelos com opções de temperatura ou, simplesmente, pela instalação de um controlador ao chuveiro elétrico comum, conectado em série à entrada de energia elétrica do chuveiro. Chuveiros com esse recurso são comuns no mercado e facilitam a regulação da temperatura de banho, sem a necessidade de variar o fluxo de água no registro. Um detalhe muito importante: a energia elétrica é gasta somente com a água consumida.

Sendo a responsável por acumular a água quente, a caixa d'água deve ficar bem protegida debaixo do telhado, caso contrário, é fundamental fazer um bom isolamento térmico. Cabe, porém, um alerta: num local onde não haverá uso diário de água quente, como creches e colégios, é aconselhável não isolar a caixa para que a temperatura da água quente acumulada abaixe naturalmente durante a noite e, no dia seguinte, a água não entre muito quente nos coletores, atingindo temperaturas acima da permitida pelas propriedades físicas do PVC.

O aproveitamento de materiais disponíveis em todas as regiões é de extrema importância. Para quem reside no meio urbano, dentre tantas, destacamos o isopor das embalagens de supermercados usadas para embalar frios (queijo, presunto etc), eletro-eletrônicos, sacolas plásticas, papéis etc.

No meio rural, também temos opções de isotérmicos: serragem, cascas de trigo, cascas de arroz, grama seca etc. Podemos fazer blocos isotérmicos com qualquer um desses materiais isolantes, bastando encher caixas Tetra Pak (1L) e fechá-las novamente. Para fixar esses blocos na caixa, use cola ou amarre-as com tiras feitas de garrafas PET, tomando o cuidado de preencher os espa-

ços entre as caixinhas com sacolas plásticas ou papéis quando fixadas em recipientes redondos ou de cantos arredondados. Com a caixa ao ar livre, o isolamento térmico deverá ser protegido contra a umidade por uma lona, o que evita a redução da sua eficiência ou a sua destruição.

Como a reposição de água fria é feita no fundo da caixa, não é necessário fazer o isolamento térmico desse local. Outro tipo de isolamento térmico simples e eficaz, porém mais caro, é colocar uma caixa d'água dentro de um compartimento feito de madeira, tijolos, ou mesmo dentro de outra caixa maior. Um espaço de, no mínimo, 6 cm deve ser deixado entre a caixa e o amparo escolhido para prover o devido preenchimento com qualquer um dos isolantes citados. Nesse caso, procure colocar os isotérmicos dentro de sacolas de supermercado ou sacos plásticos, pois isso facilitará, caso necessite, a retirada do isolamento para realizar manutenção. Aplique o isolamento térmico somente após ter completado toda a instalação do projeto, encher de água todo o sistema e conferir se não há vazamentos. Isole também a tampa da caixa.

4 TÓPICOS REFERENTES À INSTALAÇÃO DO CONJUNTO

4.1 Dimensionar o projeto conforme o consumo e a região do País

Ao colocar em prática o projeto, em outubro de 2002, construímos um coletor solar com 100 garrafas PET e 100 caixas Tetra Pak (1 litro) dispostas em 25 colunas com 4 garrafas cada, totalizando área útil de absorção térmica de 1,80m². O coletor foi conectado a uma caixa plástica de 250 litros, com função de reservatório, revestida com isopor de 20mm. Vale ressaltar que essa espessura de isolamento térmico não é suficiente para manter ou armazenar a água quente por muito tempo em regiões frias.

Como foi instalado praticamente no período de verão, com uma exposição solar em torno de 6 horas, a água na parte superior da caixa aquecia até 52°C, sendo necessário misturar com água fria antes de utilizá-la. Aqui em Tubarão – SC, a temperatura da água na caixa que, no verão pela manhã oscila entre 22°C e 25°C, no inverno gira entre 13°C e 16°C. Em consequência das diferenças entre as estações do ano e a da redução da radiação solar no inverno, a eficiência térmica caiu de 52°C no verão para, no máximo, 35 °C no inverno, e com pequena quantidade de água nessa temperatura.

O problema da falta de água quente foi resolvido com a construção de mais um coletor com as mesmas dimensões do primeiro, diferindo somente na quantidade de garrafas por coluna, que passou de 4 para 5. Mesmo no inverno, em dias ensolarados, os dois coletores suprem a demanda de água quente para o banho das 4 pessoas da família.

Para simplificar o dimensionamento de um projeto, sugerimos a instalação de uma garrafa para cada litro de água a ser aquecida. Como exemplo: para aquecer água suficiente para uma família de 4 pessoas, em banhos de até 8 minutos, deverão ser aquecidos, no mínimo, 200 litros d'água. Portanto, o projeto deve considerar 200 garrafas PET e 200 caixas Tetra Pak. Vale ressaltar que nos sistemas com mais de 1.000 garrafas instaladas, a eficiência aumentou. Exemplo: 1.000 garrafas aquecem, em média, 1.300 litros de água. Assim, sugerimos que cada um encontre o dimensionamento adequado à sua necessidade, considerando o clima da Região e o consumo das pessoas que vivem no imóvel.

Observação importante: *verifique se, no local onde será instalado o coletor, não há árvores ou construções que causem sombreamento sobre os coletores, entre as 9 e 16 horas. O horário de 16 horas é importante porque há imóveis, ou situações, em que os coletores só poderão ser instalados se ficarem voltados para o Oeste, onde o sol se põe.*

4.2 Distâncias da caixa até os coletores e pontos de consumo

Se possível, instale a caixa o mais próximo possível dos coletores solares e dos pontos de consumo. A proximidade com os coletores é importante porque haverá mais eficiência na circulação e no aquecimento, e dos pontos de consumo, porque diminuirá o desperdício até que a água quente chegue a eles, em virtude da curta distância da tubulação.

4.3 Como preparar e fixar os coletores

4.3.1 Reforçando e instalando as tubulações nos coletores

Antes de levá-los ao telhado, ou aos suportes, os coletores devem ser preparados. Depois de montados (Figura 12), dois tubos de esgoto de 40mm devem ser amarrados aos barramentos, com arame nº 16 utilizado para fixar alambrados, a cada 50cm e sobre as conexões "T" por serem mais reforçadas. Também devem ser feitas amarrações a cada metro entre os dois tubos brancos (Figuras 22 a 26).

Com os coletores amarrados e ainda no chão, proceda à instalação do dreno, das tubulações, das uniões e dos 2 tampões, deixando-os prontos para serem içados e fixados sobre o telhado ou nos suportes. Mas, cuidado: jamais utilize tubos e conexões com menos de 25mm na instalação dos coletores até a caixa; nos projetos com mais de 400 garrafas, devemos aumentar esse diâmetro para 32mm.

Atenção: com os coletores ainda no chão, encha-os com água, verifique se não há vazamentos e drene toda a água após a inspeção. Ao instalar, cubra-os com uma lona até que eles estejam ligados à caixa d'água e prontos para aquecer, pois se ficarem expostos ao sol sem água, ou com água parada em seu interior, os danos aos coletores solares serão graves. Mais informações, veja nas Figuras de 22 a 26.

Figura 22

Funções do tubo de PVC branco com 40mm:

- [1] Amarrado aos barramento superior e inferior do coletor, além de reforçá-los, garante o alinhamento dos mesmos.
- [2] Como distanciador, permite que o coletor solar fique encostado no telhado sem que as garrafas sejam amassadas.
- [3] Sendo também o tubo superior, serve de amparo para o tubo de 25mm pelo qual passa a água que vem da caixa para ser aquecida.





Figura 23

[1] Tubo de 25mm que atravessa o tubo de PVC branco com 40mm trazendo a água da caixa para ser aquecida, com a ligação no barramento inferior.



Figura 24

[1] Dreno para retrolavagem periódica do coletor solar.

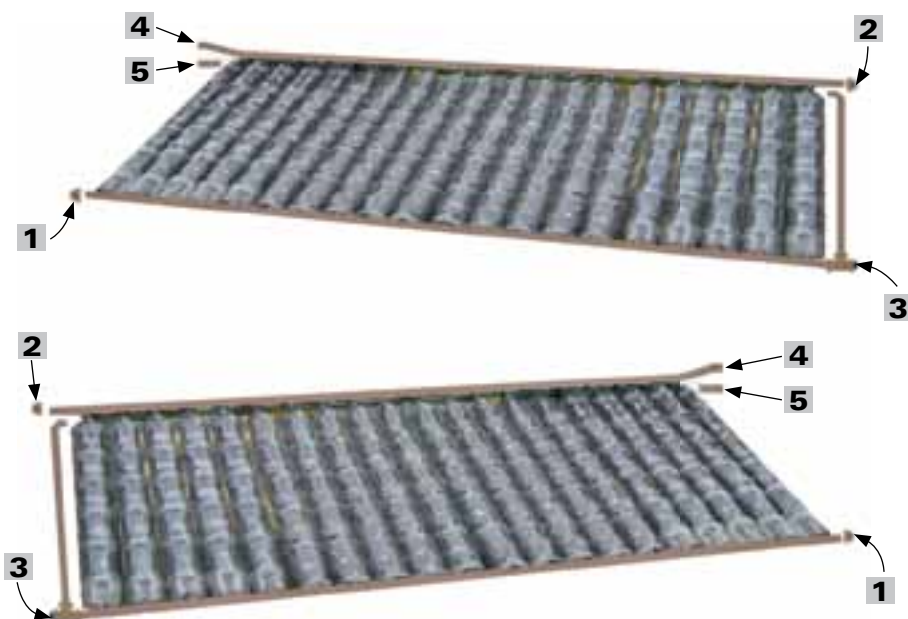


Figura 25

Os dois modos de instalação dos tampões:

[1] Tampão=água fria.

[2] Tampão=água quente.

[3] Dreno para limpeza.

[4] Retorno=água quente.

[5] Entrada=água fria.



Figura 26

Unições que interligam o coletor solar à caixa d'água, na posição frontal, como o mesmo deve ser instalado no telhado ou em suportes:

[4] Retorno

[5] Descida

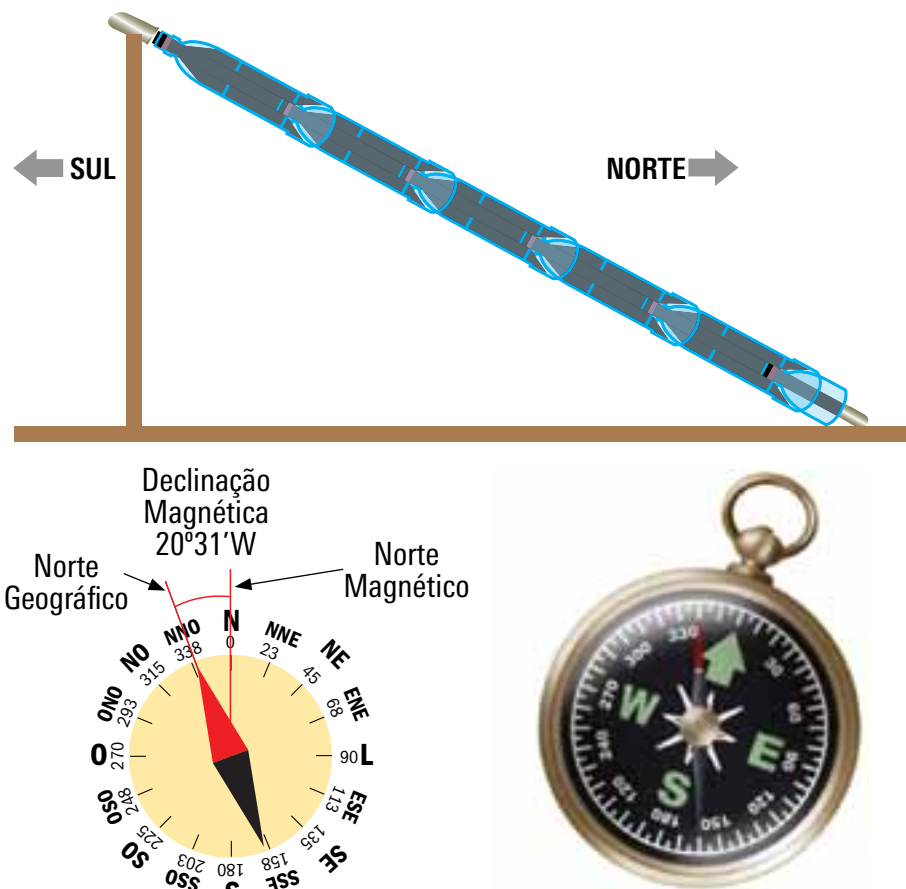
4.3.2 Posição dos coletores solares em relação ao Norte

Instale os coletores solares, quando possível, voltados para o lado Norte (Figura 27). Havendo impossibilidade disso, instale-os voltados para o Oeste, mas nunca para o Leste.

Há uma diferença entre o Norte magnético, para onde as bússolas apontam, e o Norte geográfico, que é o ponto de intercessão da superfície do planeta com o eixo de rotação da Terra. Optamos pelo Norte magnético porque isso simplifica e basta usar uma bússola para encontrar a posição dos coletores, em relação ao Norte. Se preferir instalar por meio do Norte geográfico, sugerimos que utilize o Gnômon.

Figura 27

Posição dos coletores solares em relação ao Norte e a diferença entre o Norte Magnético e o Norte Geográfico



4.3.3 Inclinação em relação à latitude local

A eficiência de um sistema de aquecimento solar não depende apenas do posicionamento dos seus coletores em relação ao Norte, mas também da inclinação deles segundo a latitude local. A título de informação: latitude é a medida, em graus, entre dois paralelos, que são linhas imaginárias que cortam a Terra em fatias horizontais, paralelas à Linha do Equador. Os paralelos mais conhecidos são o Trópico de Capricórnio, Trópico de Câncer, Círculo Polar Ártico, Círculo Polar Antártico e a própria Linha do Equador.

O que determina o local da Terra por onde passam essas linhas é a medida do ângulo de incidência dos raios de sol na superfície terrestre. Assim, quando o raio de sol incide sobre a Terra em seu maior ângulo de inclinação, temos a marca de um Trópico.

O raio de sol é energia em forma luminosa. Assim, um raio que incida em ângulo reto (90 graus, frontal) terá uma área de incidência pequena, ou seja, a dispersão dessa energia no solo será mais concentrada. Já o raio de sol que incide na superfície da Terra em um ângulo menor (aproximadamente 23 graus, que é a mesma medida dos Trópicos), ou seja, incide meio inclinado e terá área muito maior para distribuir sua energia, por esse motivo transfere menos calor por centímetro quadrado de solo.

Dessa forma, no Equador, aonde o raio de sol chega ao solo mais concentrado, o clima é mais quente. Nos trópicos, aonde o raio de sol chega ao solo mais espalhado, o clima é menos quente. Nos Pólos, aonde o raio de sol chega muito mais disperso, o clima é muito menos quente. Caso desconheça a Latitude do lugar onde irá instalar o aquecedor solar, procure-a em: www.aondefica.com/lat_3_.asp, e converta, com um Transferidor, os graus encontrados na inclinação correta (Figuras 28 e 29).

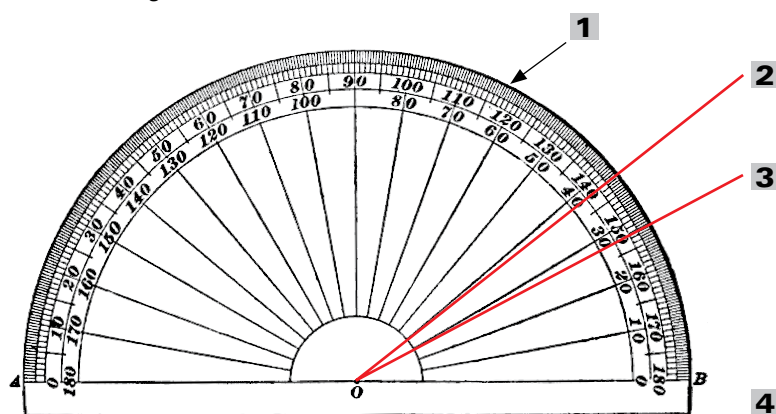


Figura 28

Conversão da latitude local na inclinação correta dos coletores

- [1] Transferidor 180°
- [2] Base de referência em nível.
- [3] Tomamos como exemplo, uma latitude local de 28°.
- [4] Os coletores deve ser instalados com o valor da latitude local mais 10°.

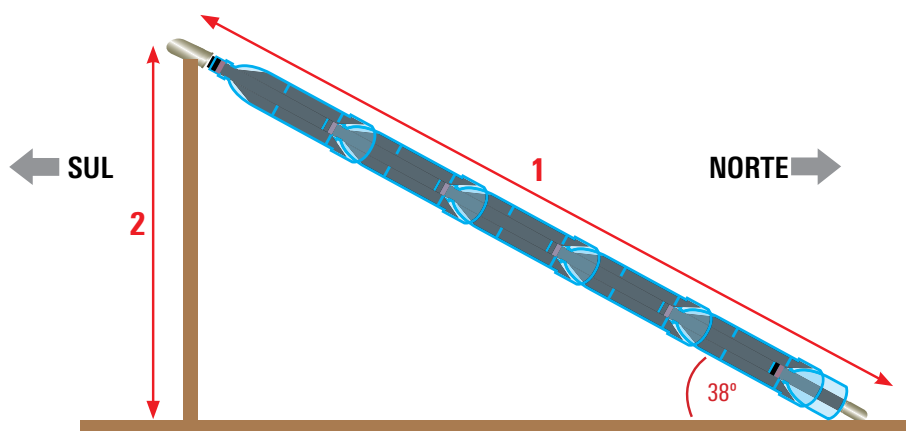


Figura 29

Com a inclinação correta encontrada, será a altura do coletor solar [1] que determinará a altura do suporte de sustentação [2].

Caso opte por fixar os coletores diretamente sobre o telhado sem levar em conta a latitude local e, ao conferir apresente muita diferença, será necessário ampliar a área quadrada de absorção solar com mais coletores para compensar a perda pelo posicionamento incorreto.

É oportuno ressaltar que quase todos os problemas de eficiência térmica de qualquer aquecedor solar deixam de existir à medida que nos aproximamos do Equador. Mas muito cuidado: mesmo no Equador, os coletores devem ser instalados com, no mínimo, 10° de inclinação, pois abaixo disso fica comprometida a circulação por termossifão.

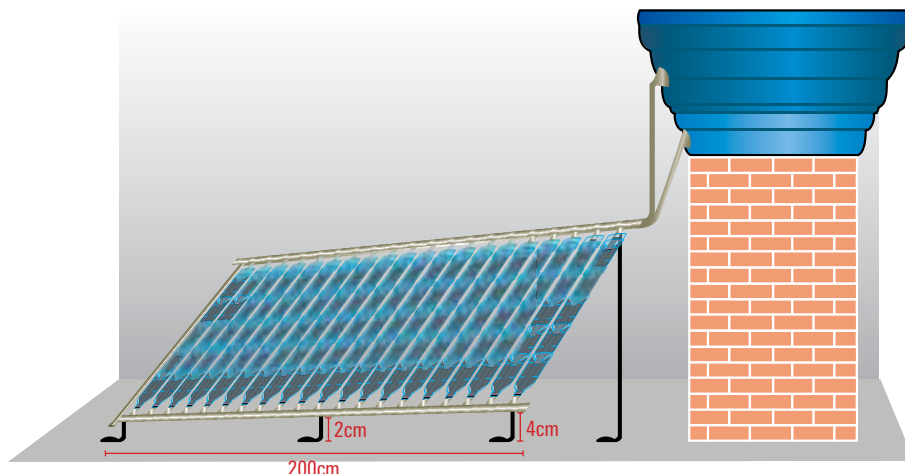
4.3.4 Desnível obrigatório dos coletores

A água em processo de aquecimento, ao atingir 40°C, começa a liberar bolhas de ar. Em recipientes abertos isso não é problema, mas em circuitos fechados, como é o caso dos aquecedores solares por termossifão, se os coletores solares não forem instalados com, pelo menos, 2cm de desnível por metro corrido (Figura 30), o acúmulo dessas bolhas no barramento superior será inevitável. Esse ar paralisa a circulação do sistema, superaquece os coletores e, claro, não aquece a água do reservatório.

Na maioria dos coletores industrializados as tubulações, por serem metálicas, não serão afetadas, bastando apenas que uma correção no desnível das placas coletoras seja efetuada para que o sistema passe a operar normalmente. Mas no nosso sistema, por ser uma alternativa de baixo custo, todos os componentes do conjunto são feitos de PVC, estando sujeitos aos limites de temperatura.

Figura 30

Os coletores devem ser posicionados em um desnível de no mínimo 2cm a cada metro corrido de coletor. Deve ser observado também que os barramentos não podem ficar curvados, principalmente o superior.

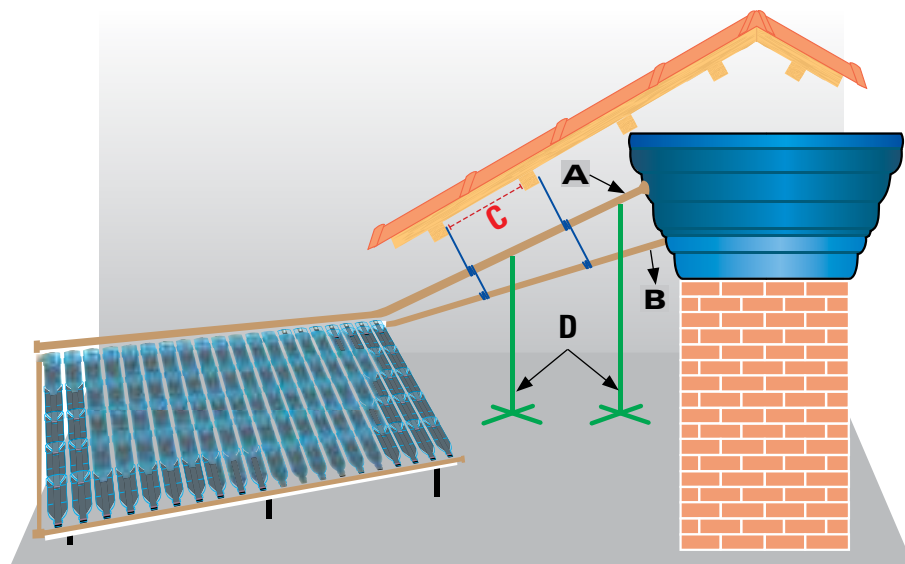


Portanto, ao implantar o projeto preste atenção, não apenas com os cuidados citados anteriormente, mas também com o seu dimensionamento e com dois detalhes importantíssimos, que são o desnível dos coletores e a ascendência das tubulações que os interligam à caixa d'água, ou seja, sempre a subir (Figura 31).

Figura 31

São necessários cuidados com as tubulações que interligam a caixa aos coletores.

Quando a instalação for realizada sobre o telhado, com a caixa d'água sob o mesmo, as tubulações (A e B) devem ser amarradas à armação do telhado (C). Se a instalação acontecer em terraço, as tubulações devem ser apoiadas por suportes (D) posicionados a cada 60cm. O objetivo desses suportes é evitar que os tubos se curvem com o peso da água.



Ao darmos a preferência pelo sistema de circulação por termossifão, torna-se obrigatório que o fundo da caixa fique sempre acima da parte superior do coletor solar, ou seja, mínimo de 30 cm e máximo 3m (Item 2.1 Circulação por termossifão).

Atenção: cabe a cada um escolher o melhor local para implantar o projeto, sem esquecer que, ao falar em caixa d'água, estamos falando de peso. Portanto, não improvise ou instale o sistema em locais que possam ruir e causar sérios problemas. Afinal, lembre-se cada litro d'água pesa 1 quilo...

4.3.5 Fixação dos coletores sobre o telhado ou em suportes

A maioria dos projetos para residências, com até 400 garrafas, tem sido fixados sobre o telhado, pois requer apenas que se fure as telhas e amarre-os à armação (Figura 32)

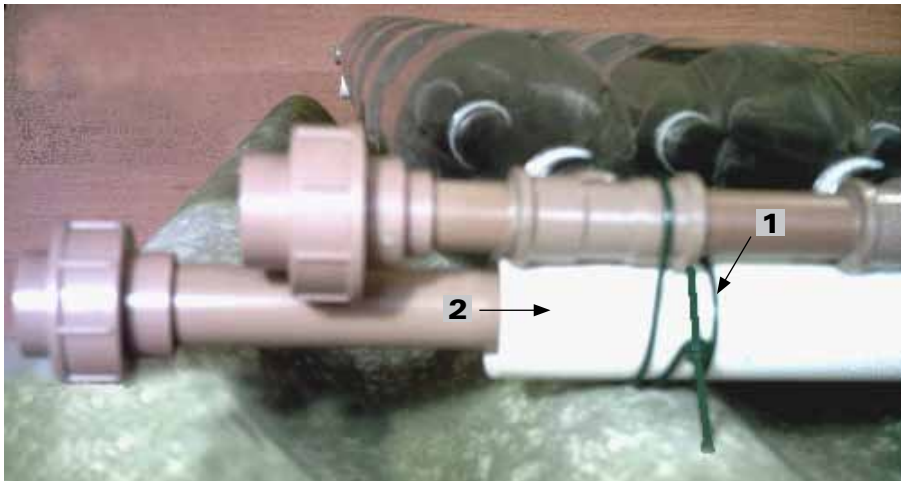


Figura 32

Para que um coletor com 100 garrafas seja fixado diretamente sobre o telhado, são necessárias, no mínimo, seis amarrações [1]. O tubo de PVC branco com 40mm [2] impede que as garrafas se amassem.



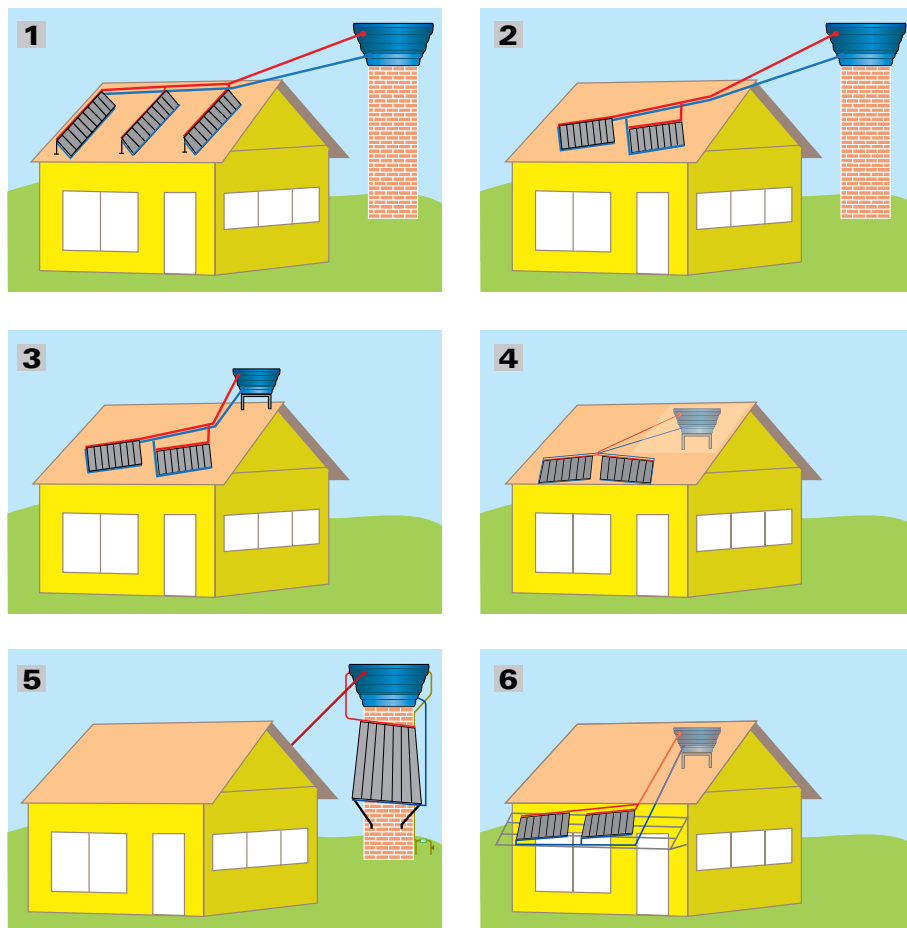
Se for necessário fixar os coletores sobre suportes, fica a critério de cada um o material a ser utilizado. Entretanto, não basta apenas que os coletores fiquem firmes; verifique se os dois barramentos ficaram retos e com o desnível necessário para o funcionamento adequado.

A seguir, por meio das ilustrações, damos algumas sugestões sobre como instalar o projeto:

Figura 33

Instalação do sistema:

- [1] Em paralelo e com suportes.
- [2] Ligação em paralelo.
- [3] Quando o telhado é muito baixo.
- [4] Caixa sob telhado alto. Os coletores são fixados sobre o telhado.
- [5] Projeto compacto, com apenas um tubo de água quente para a casa.
- [6] Coletores fixados em suporte mais baixo do que o telhado.



4.4 Isolamento térmico dos barramentos e tubulações

No início, envolvíamos os barramentos de cada coletor, principalmente os superiores, e os tubos que os interligam à caixa, com isopor, fixando-os com tiras cortadas de garrafas PET verde. Atualmente, não isolamos mais os barramentos e as tubulações que ficam expostas ao sol, apenas pintamos com a mesma tinta, preto fosco, utilizada no restante do sistema. Tendo sol, o calor absorvido pela tinta compensa a maior parte do calor dissipado. O resultado é o mesmo e simplifica bastante, pois quando não tem sol, não há circulação de água e, se não circula, também não dissipa.

4.5 Misturadores: várias alternativas.

Em qualquer sistema de aquecimento, o meio tradicional de encontrar a temperatura ideal da água é por meio de misturadores conectados a tubulações de água quente e fria. E quando o sistema conta com apoio elétrico ou a gás, no reservatório, instala-se apenas a ducha no lugar do chuveiro elétrico (Figura 34). Sabemos da qualidade e eficiência dos misturadores mostrados na Figura 34, mas eles são inacessíveis, em virtude de seu custo, às pessoas com baixa renda. Considerando que o nosso projeto é uma alternativa de baixo custo, temos três opções de misturadores, que não oneram o sistema, pois requerem apenas que se faça um furo no teto do banheiro para a passagem do tubo com água quente. Nos diagramas e fotos legendadas, estão todos os detalhes sobre os misturadores. Vejamos:

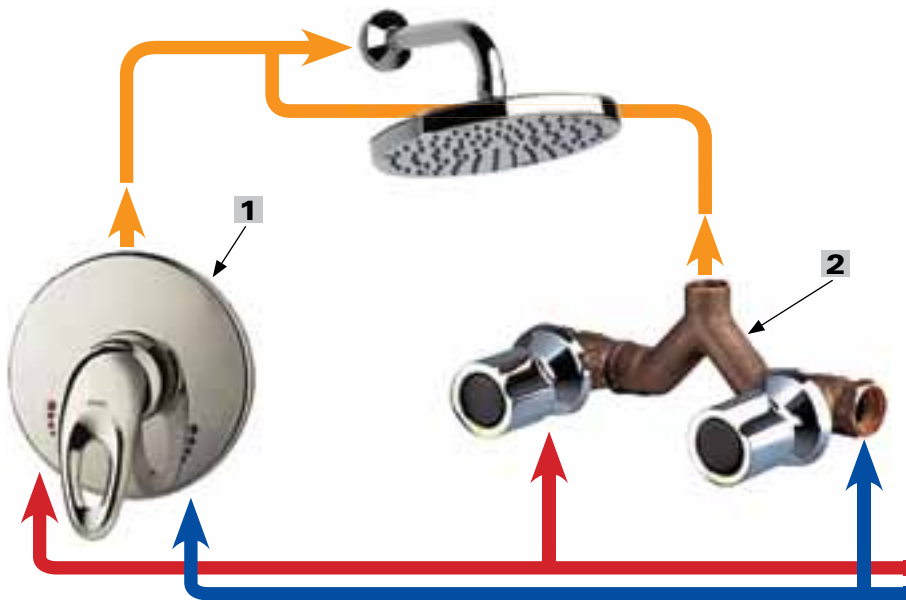


Figura 34

Misturadores convencionais.

- [1] Misturador monocomando.
- [2] Misturador tradicional cuja tubulação de cobre fica embutida na parede.

■ Água fria.
 ■ Água quente.
 ■ Água misturada.

1. essa opção foi detalhada anteriormente no próprio texto e nas Figuras 17, 18, 19, 20. A mistura dentro da própria caixa d'água do aquecedor torna possível que se envie, por meio de uma só rede, a água em temperatura agradável para o consumo em dias muito calor. Ótimo também para ser utilizado na cozinha. Porém, em regiões onde as estações do ano são bem distintas, como o Sul do Brasil, durante o inverno será necessário tamponar a parte inferior do misturador (Figura 20), limitando-o às funções de captador de água quente e limitador de consumo;
2. verifique que este segundo misturador (Figura 35), mesmo sendo singelo, tem as mesmas funções dos modelos mostrados na Figura 34, bastando apenas que se faça um furo no teto para a passagem do tubo com água quente, já que a água fria continuará sendo fornecida pela rede existente no local.

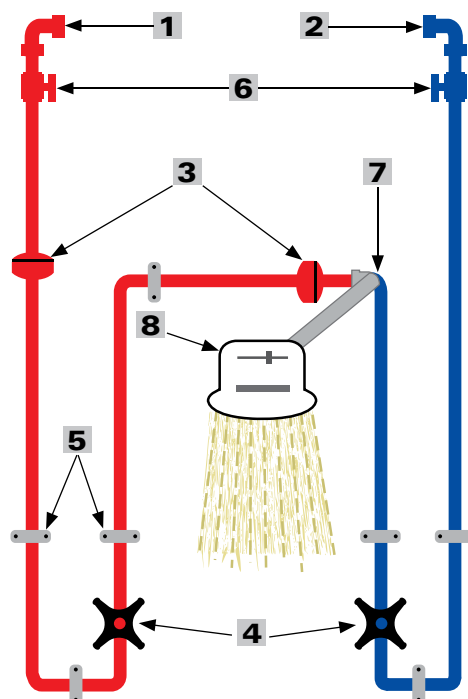


Figura 35

Misturador com a parte de água quente externa, fixado sobre a parede.

- [1] Entrada de água quente.
- [2] Entrada de água fria.
- [3] União.
- [4] Registros do misturador.
- [5] Abraceadeiras.
- [6] Registros de segurança.
- [7] Conexão "T".
- [8] Chuveiro elétrico com ajuste eletrônico, ou modelos com vários pontos de temperatura.

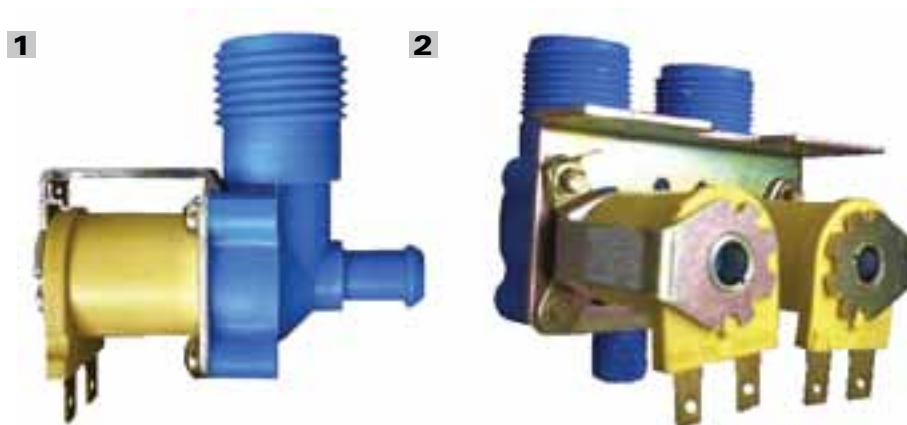
3. aparentemente, o terceiro é o mais complicado, mas na realidade ele é muito simples, barato e prático. Passamos a utilizar a eletroválvula, porque ela é aplicada em máquinas de lavar louças e de lavar roupas, tanto na entrada de água fria quanto para a entrada de água quente. Portanto, é indicada para suportar os níveis de temperaturas alcançados pelos aquecedores convencionais, sendo então muito mais adequada para uso em nosso projeto, já que ele está restrito a não ultrapassar os 55°C, em razão das tubulações de PVC usadas. Na Figura 36, constam fotos dos dois tipos de eletroválvulas que utilizamos e, a seguir, nas Figuras 37-A e 37-B, dos dois diagramas delas, inseridas nas instalações hidráulica e elétrica desse tipo de misturador. Na Figura 37-A, aplicamos apenas a eletroválvula simples no fornecimento de água quente, cabendo à rede existente no local a distribuição da água fria. Na Figura 37-B, observe que utilizamos uma eletroválvula de duas vias e uma só saída. As eletroválvulas apenas liberam ou interrompem o fluxo de água, mas não podem variar o fluxo. Porém, contamos com o recurso dos registros de segurança, item 10 da Figura 37, que podem ser ajustados, conforme a estação do ano ou a região, para liberarem a água quente e fria em quantidades diferentes até que se encontre a temperatura ideal. No inverno, na região Sul do Brasil, a temperatura da água dificilmente atingirá níveis que necessitem da mistura com água fria. Já foram instalados vários projetos com esse recurso, principalmente com as eletroválvulas duplas da Figura 37-B, em cozinhas e em banheiros nas creches, e elas funcionam muito bem.

Figura 36

Eletroválvulas

[1] Eletroválvula de uma só via.

[2] Eletroválvula de duas vias mas com uma só saída.



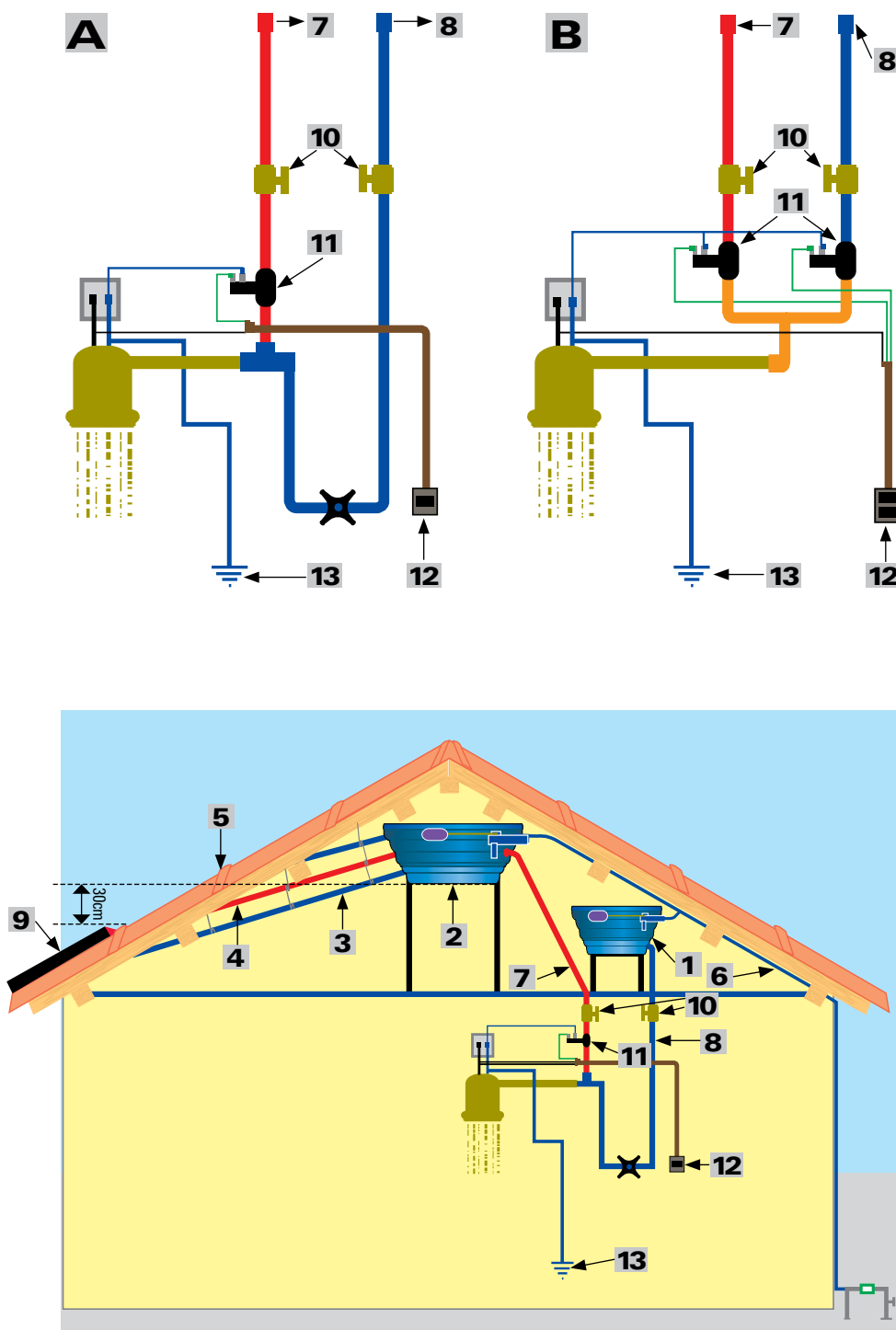


Figura 37

Instalação do Misturador.

[A] Misturador com eletroválvula de uma só via para água quente, com o qual se desenvolveu o projeto abaixo.

[B] Misturador com eletroválvula de duas vias e uma só saída.

[1] Caixa para água fria.

[2] Caixa para água quente.

[3] Descida de água fria para o coletor.

[4] Retorno da água quente do coletor.

[5] Vertedouro (ladrão).

[6] Reposição (rede).

[7] Água quente para o consumo.

[8] Água fria para o consumo.

[9] Coletor solar.

[10] Registros de segurança.

[11] Eletroválvulas de lavalouças.

[12] Interruptor à prova d'água.

[13] Aterramento.

5 TESTES DE EFICIÊNCIA E DE MATERIAIS

5.1 Tempo necessário de exposição solar e testes de eficiência térmica

Somente a partir das 10 horas é que começamos a notar o aumento da temperatura da água. Após 6h, no verão, ou 5h, no inverno, durante dias ensolarados, que o coletor atingirá a temperatura máxima. Mesmo em dias semi-encobertos, dependendo da região, haverá algum rendimento e, lógico, economia parcial de energia elétrica.

Para avaliar a eficiência térmica e a resistência dos materiais aplicados no projeto, vários ensaios e testes foram efetuados em laboratórios (vide locais, equipes e instituições a seguir). Somos gratos a todos pelo empenho, profissionalismo e neutralidade com que avaliaram o projeto.

Por uma questão de respeito e ética, alguns resultados só são liberados na íntegra com a autorização dos seguintes pesquisadores.

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Prof.º Carlos Eduardo Leal, Doutor em Física

Prof.º Luis Chiganer, Mestre em Engenharia Elétrica

Prof.º José Carlos Xavier, Mestre em Física

Alunos participantes:

Anna Carolina Henriques, Faculdade de Engenharia

Rodrigo Faria, Faculdade de Engenharia

Luisa Carneiro, Faculdade de Engenharia

LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (a pedido da COHAPAR - Companhia de Habitação do Paraná)

Giseli Ribeiro Vergés - Departamento de Tecnologia em Materiais

Marilda Munaro - Departamento de Tecnologia em Materiais

Denis A. L. Kulevich - Engenheiro Mecânico - Departamento de Eletromecânica

Robson Cardoso - Técnico Mecânico - Departamento de Eletromecânica

Dr. Gilson Paulillo - Departamento de Eletromecânica

Dr. Eduardo Marques Trindade - Departamento de Tecnologia em Materiais.

UFSC - Universidade de Santa Catarina

Anelise Destefani¹ - Eng.^a Sanitarista e Ambiental, Mestre,

Professora do CASC GO, Orientadora

Marlos José de França - Co-orientador, Geógrafo, Mestrando em Educação Agrícola e Professor do Curso Técnico em Agropecuária do CASC GO

Alunos participantes:

Jailson Mira Fernandes,

Raimundo Martignago,

Robson Belli Martignago,

Gerson Nascimento,

Jailson Nascimento.

Os resultados de um teste comparativo de eficiência entre o nosso coletor e o coletor ASBC, feito com forro alveolar de PVC, em julho de 2006, podem ser obtidos diretamente em: www.sociedadedosol.org.br/novidades/novidades_2006_05.htm

Com base nos testes efetuados com um coletor com 100 garrafas (2m²), numa vazão constante de 0,02L/s, o rendimento médio instantâneo alcançado foi de 36%, originando a Tabela 1, com os três ciclos de aquecimento diário nas duas estações, bem definidas, do Sul do Brasil, ou seja, inverno e verão.

Observação: a eficiência desse tipo de coletor solar depende exclusivamente do dimensionamento do sistema. Considera-se, assim, 1 garrafa para cada litro d'água a ser aquecida.

INVERNO					
1º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	15°C	5,4°C	0,02	83 min	20,4°C
2º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	20,4°C	7,3°C	0,02	83 min	27,7°C
3º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	27,7°C	9,9°C	0,02	83 min	37,6°C
VERÃO					
1º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	22°C	7,9°C	0,02	83 min	29,9°C
2º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	29,9°C	10,7°C	0,02	83 min	40,6°C
3º Ciclo	Temp. inicial na caixa d'água	+ 36%	Vazão [L/s]	Tempo	Temp. dos 100L
	40,6°C	14,6°C	0,02	83 min	55,2°C

Tabela 1

Resultados obtidos a partir de testes realizados com um coletor com 100 garrafas (2m²), com uma vazão constante de 0,02L/s.

5.2 Análise de resistência térmica das garrafas PET

Pela curva de DSC, foi obtida a temperatura de transição vítrea: 74°C. Essa temperatura corresponde à transição vítrea borrachosa da amostra, ou seja, acima dessa temperatura o material apresenta características borrachosas. Foi obtida ainda a temperatura de fusão do material: 248°C. A análise termogravimétrica mostrou que o material apresenta início de degradação térmica acima de 400°C, em atmosfera inerte, e praticamente não possui carga inorgânica.

5.3 Ensaios de tração e alongamento

As tabelas a seguir apresentam os resultados dos ensaios de tração e alongamento à ruptura dos corpos-de-prova, retirados de uma garrafa PET nova e de material reciclado:

Tabela 2

Resultados do ensaio de tração à ruptura e do ensaio de alongamento à ruptura

Limite de Resistência (MPa)				Alongamento (%)			
PET nova		PET reciclada		PET nova		PET reciclada	
1	150,4	1	154,6	1	12,4	1	5,0
2	132,3	2	156,1	2	9,9	2	4,7
3	151,8	3	161,6	3	10,0	3	4,5
4	168,7	4	154,0	4	12,0	4	5,8
Média	150,8 ($\pm 14,9$)	Média	156,6 ($\pm 3,5$)	Média	11,1 ($\pm 1,3$)	Média	6,6 ($\pm 3,6$)

Variação: + 4 %

Variação: - 40 %

Observando os valores da Tabela 2, nota-se uma redução na porcentagem de alongamento à ruptura, indicando que o material reciclado apresenta início de degradação quando comparado ao PET de garrafa nova, porém as variações são aceitáveis para o tipo de aplicação desejada.

5.4 Ensaio de intemperismo artificial em QUV

Os registros fotográficos das amostras de garrafa PET, após 240 horas de ensaio em câmara QUV, demonstraram um leve amarelamento em relação à amostra de PET nova, porém sem fissura ou quebras do material.

5.5 Ensaio de intemperismo artificial em Weather-O-meter

Após ensaio realizado por 1.000 horas, em câmara Weather-O-meter, por avaliação visual percebe-se uma leve opacidade da garrafa PET, sem fissuras ou quebra do material. A caixa de leite longa vida, revestida por esmalte sintético, mantém sua aderência e a aparência fosca, o que é importante para conservação do calor no interior da garrafa. O tubo de PVC apresenta escurecimento, porém sem fissuras, e a junção entre os canos, feita com fita de alta fusão isolante, permanece aderida, sem descolamentos, preservando a vedação do sistema.

5.6 Dosagem de Dioctilftalato (DOP):

Não foram identificados resíduos de DOP nos processos de lavagem, indicando a boa estabilidade química dos materiais plásticos utilizados frente à aplicação proposta.

5.7 Conclusão sobre os ensaios de resistência dos materiais

Os ensaios de resistência física, química e fotoquímica, tiveram como objetivo principal inferir a resistência a ser apresentada pelos materiais componentes do sistema quando aplicados em campo. Com os resultados obtidos. Antes e após intemperismo artificial dos materiais recicláveis utilizados na fabricação do aquecedor solar, concluiu-se que os materiais apresentam boas propriedades térmicas e mecânicas e, mesmo após envelhecimento, os indícios de degradação dos materiais são significativamente pequenos, com variações aceitáveis para o tipo de aplicação desejada.

6 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Certamente ficaremos em débito de mais informações, mas acreditamos que o básico está inserido neste manual. Por se tratar de uma alternativa de aquecimento solar, este projeto teve como objetivo inicial aquecer apenas a água do banho de famílias de baixa renda, com coletores de até 300 garrafas. Mas entidades sociais tiveram interesse e, atualmente, vários aquecedores com mais de 1000 garrafas já foram instalados, exigindo que os projetos sejam bem elaborados e construídos com a melhor qualidade possível. São muitas as fotos dos projetos instalados, dentre as quais selecionamos algumas a partir da página 50.

Lista de Materiais Necessários

(1 aquecedor solar com 200 garrafas, sem considerar os materiais para a distribuição da água quente, pois cada imóvel tem sua realidade).

Materiais Diversos	Valor unit.	Qtde.
Caixa d'água - 310l		01
Registro esfera em pvc - soldável 25mm		04
Flanges em pvc p/caixa d'água 25mm, c/rosca interna.		05
Torneira bóia de 25mm, c/tomada para mangueira.		01
Conexão "t" em pvc 20mm		80
Conexão "t" em pvc 25mm		06
Bucha de redução em pvc - 25mm p/20mm		04
Luva l/r em pvc de 25mm		04
Tampão em pvc c/rosca externa de 25mm		02
Luva soldável em pvc 25mm		03
Tampão em pvc (cap soldável) 20mm		04
Adaptador em pvc cola/rosca 25mm		02
Joelhos em pvc 90° 25mm		02
Curva em pvc 90° 25mm		06
União soldável em pvc 25mm		06
Tubo sold. Em pvc 25mm (coletores à caixa)		18 mts
Tubo soldável em pvc 20mm		54 mts
Tubo em pvc p/esgoto 40mm		08 mts
Fita crepe 19mm* (*atenção para medida citada)		01 rolo
Tinta esmalte sintético preto fosco		2 kg
Solvente		01 litro
Rolo p/ pintura c/10cm (se possível de lã)		
Cola para pvc c/pincel - pote com 175g		01
Fita de altofusão (rolo grande)		01 rolo
Arame zincado e encapado n°16 (Utiliz. p/fixar alambrados)		01 rolo
Fita veda rosca 1/2		01
Lixa d'água gr.100		01
Bóia p/caixa de descarga		01
Caixas de leite longa vida (caixa retangular) **		220un.
Garrafas pet (Coca, Pepsi, Sukita, Fanta etc.) **		240un.

**** Estes materiais serão arrecadados pela comunidade assistida.**

Tratamento de água sem produtos químicos

Prof^a. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis

Pela simplicidade e utilidade do projeto para tratamento de água contaminada, mas sem produtos químicos, entramos em contato com a Prof^a. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis, pesquisadora da UNESP, para solicitar permissão para anexar a matéria neste Manual. Nossos agradecimentos à Dra. Dejanira e a todos os envolvidos no projeto. O texto da matéria divulgada na edição nacional do Jornal da Band, TV Bandeirantes, do dia 6 de janeiro de 2005, segue abaixo:

Solarização: o nome é complicado, mas o processo é simples. Basta colocar a água contaminada em garrafas PET incolores e expô-las ao sol. Uma pesquisadora da Universidade Estadual de Rio Claro explica que a idéia da pesquisa surgiu do fato de que a grande maioria das bactérias não é resistente à luz do dia e nem ao calor, e morre em três dias, no máximo, mesmo em tempos de inverno. Antes de beber é só passar o líquido de um recipiente para outro.

De acordo com Dejanira de Angelis, pesquisadora da UNESP, qualquer pessoa que disponha de um cantinho em que bata a luz do sol na sua casa, pode utilizar esse processo. Foram dois meses de estudos coroados com o prêmio de tecnologia socioambiental da Fundação Banco do Brasil.

Alunos e professores do Departamento de Bioquímica e Microbiologia fizeram testes com a água contaminada com a mais resistente das bactérias – a *Escherichia Coli* – geralmente utilizada como indicadora biológica de potabilidade. E o resultado não poderia ter sido melhor.

A idéia agora é tornar a técnica da solarização da água acessível aos países da Ásia e da África, devastados pelo maremoto, já que nessa região foram interrompidos os serviços de saneamento básico e o abastecimento de água potável. A universidade já enviou um comunicado à UNESCO, destacando a importância da aplicação da técnica nesses locais.

Solarização da água*

Patrícia Bonin

Prof. Dra. Dejanira de Franceschi de Angelis
coordenadora do projeto

A professora Dejanira de Angelis, do departamento de Bioquímica e Microbiologia do Instituto de Biociências, coordenou a elaboração do Projeto “Solarização da Água: Desinfecção de Água Contaminada Mediante o Aproveitamento da Energia Solar”.

Segundo o projeto, a simples exposição ao sol de águas contaminadas acondicionadas em garrafas plásticas (PET) incolor durante 2 dias sobre o fundo escuro ou metal brilhante (folha de alumínio) pode ser consumida sem qualquer receio. O processo de solarização evita várias doenças veiculadas por água contaminada, uma vez que a energia solar promove a foto-oxidação, que mata as bactérias e torna a água própria para consumo.

O alcance social do projeto foi considerado relevante por atingir parte considerável da população brasileira, que vive nas periferias das cidades ou no campo e que não contam com água tratada ou tratamento de esgoto.

“É uma vitória para nós pesquisadores. Este trabalho envolveu alunos e funcionários da instituição onde se trabalha e é gratificante percebermos que a solarização proporciona a oportunidade de se melhorar as condições de saúde pública no País”, comemora a professora.

* Disponível em: <http://www.unimep.br/fc/ensaio/edicao06l.htm>

Um caloroso obrigado

Quero fazer um agradecimento muito especial à Celesc Distribuição pelo interesse e pela parceria desde 2005 que, por meio da Assessoria de Responsabilidade Social Empresarial, tem viabilizado a implantação do aquecedor em todo o Estado com apoio de suas Agências Regionais.

O apoio dado ao projeto por outras empresas e pelo poder público é fundamental, mas tem sido graças ao envolvimento dos celesquianos e da própria comunidade que estamos conseguindo beneficiar um expressivo número de pessoas e entidades em Santa Catarina.

Esperamos que as informações contidas nos textos, diagramas e fotos forneçam todo o conhecimento necessário à construção e instalação dessa alternativa para aquecimento de água com energia solar.

São muito importantes a qualidade dos materiais e o capricho com que deve ser confeccionado o aquecedor, tanto para implantá-lo como para garantir a durabilidade do sistema. Contamos com a criatividade e boa vontade de todos na aplicação do aquecedor e em melhorias no projeto, cabendo a cada um adaptá-lo às suas necessidades, pois cada caso tem sua particularidade.

Sucesso a todos!

José Alcino Alano

Criador dessa alternativa de aquecimento solar

Alguns exemplos de aplicação em instituições



Projeto Piloto da Celesc Distribuição –
Casa Familiar do Mar – Laguna – SC



Sede da Associação dos Empregados da
Celesc – Tubarão – SC



Unidade do Exército em Palmas - TO



Manual do Aquecedor Solar

Coordenação

Assessoria de Responsabilidade
Social Empresarial

Apoio

Assessoria de Comunicação Social

Responsável Técnico

José Alcino Alano

Maio de 2009



