

---

---

# ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DE MÉTODOS ALTERNATIVOS DE AQUECIMENTO DA ÁGUA POR ENERGIA SOLAR

---

---

**Felipe F. Gonçalves**

**Gustavo R. Breda**

**Jonas P. Ico**

**Marcelo C. Pereira**

**Marcio R. Carola Filho**

**Antônio G. de Mello Júnior**

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

## **Resumo**

O presente estudo mostra comparações entre sistemas de baixo custo para aquecimento de água por intermédio de energia solar e meio para sua otimização, visando a utilização doméstica. Para a avaliação, foram coletados dados de dois protótipos construídos: um sistema de mangueira preta e outro de placa de forro alveolar. Os resultados obtidos e as comparações realizadas tornaram possível estabelecer que ambos os modelos alcançam valores satisfatórios de aquecimento de água para uso doméstico, com vantagem para o modelo de forro alveolar em PVC, que apresenta um projeto inicial de menor custo e maior economia mensal, além de níveis de eficiência levemente superiores.

**Palavras-chave:** Energia solar. Aquecimento de água. Forro alveolar PVC.

# 1 INTRODUÇÃO

Existem diversos sistemas de aquecimento de água por energia solar, aplicados em diversas finalidades. Devido a variações no projeto de construção e instalação desses sistemas, surge a necessidade da comparação entre seus resultados e características, visando apontar suas aplicações e restrições.

Pelo fato de a radiação solar estar disponível de modo gratuito, o custo do equipamento é amortizado ao longo dos anos de sua utilização, pela economia da outra fonte de energia. Embora muitos tipos de coletores convencionais estejam disponíveis no mercado, seus custos são considerados relativamente altos, o que tem dificultado a percepção do consumidor da vantagem escondida no primeiro investimento, quando comparado com o custo relativamente insignificante do chuveiro elétrico. Para superar esse problema, têm aparecido no mercado alguns coletores de baixo custo, fabricados com materiais de simples obtenção e construção.

## 1.1 Energia solar e cenário brasileiro

O Brasil tem um enorme potencial de aproveitamento da energia solar, pois praticamente todas as suas regiões recebem mais de 2.200 horas por ano de insolação com um potencial equivalente a 15 trilhões de MWH, correspondente a 50 mil vezes o consumo nacional de eletricidade, conforme dados divulgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) em 2003. Isso ocorre porque a maior parte do território nacional brasileiro encontra-se entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, área de maior insolação do planeta.

O aproveitamento da energia solar no Brasil ainda está reduzido em relação ao seu imenso potencial. No entanto, a instalação de coletores solares vem despertando cada vez mais interesse na população e apresenta, anualmente, um aumento significativo de área total acumulada de coletores solares. Em 2010, a produção brasileira de coletores solares cresceu 21,1% com relação ao ano anterior, conforme pesquisa realizada pelo Departamento de Aquecimento Solar (Dasol) (2012) com empresas associadas.

## 1.2 Energia solar e meio ambiente

O uso de fontes alternativas de energia está diretamente ligado à atual preocupação de sustentabilidade ambiental no mundo. Desse modo, o uso de aquecimento solar é uma das principais alternativas no combate às mudanças climáticas e na busca

de energias renováveis. O baixo impacto ambiental da energia solar no ambiente é evidente se comparado com outras fontes de energia.

A energia solar não tem grande impacto na modificação do meio ambiente, como o recurso de hidrelétricas exige. Além disso, não oferece os grandes riscos envolvidos em uma instalação nuclear e não emite gases que contribuem para o efeito estufa, como no caso dos combustíveis fósseis.

---

## 2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Um sistema de aquecimento solar de água para uso doméstico costuma ser constituído por coletores solares e reservatório térmico, além das tubulações necessárias para a circulação da água.

### 2.1 Reservatório

Os reservatórios em sistemas de aquecimento solar trabalham com armazenamento da água, bem como conexões de entrada e saída. Sua fabricação deve ser de material que resista às temperaturas mais altas que o sistema alcance e que, além disso, não apresente problemas de degradação ou corrosão. O projeto também deve suportar as pressões envolvidas. Em geral, os reservatórios recebem revestimentos térmicos que são utilizados nos sistemas de aquecimento para melhorar o seu funcionamento. Isso significa diminuir a perda de calor da água para o ambiente. Tais sistemas, normalmente, empregam o reservatório para armazenamento da energia acumulada ao longo do dia, garantindo o aproveitamento da energia também no período noturno ou no dia seguinte, nos períodos em que não há radiação.

### 2.2 Tubulações e conexões

A tubulação em sistemas de aquecimento solar deve ser capaz de suportar o fluido circulante a temperaturas elevadas (chegando até 90°C) e não ter problemas de durabilidade (degradação ou corrosão por alta temperatura). O cobre é o material normalmente utilizado e apresenta boa resistência à corrosão. Entretanto, seu custo é relativamente elevado em relação aos tubos de polímeros, que foram adotados neste projeto. As tubulações de PVC utilizadas no projeto não resistem a temperaturas tão elevadas, mas esse fator não foi limitante, uma vez que ela suporta temperaturas acima das consideradas usuais em residências.

## 2.3 Coletores solares

O coletor solar tem a função de absorver a maior quantidade possível de radiação solar e transferir a maior parte dessa radiação para um determinado fluido em seu interior. Encontram-se disponíveis no mercado diversos tipos e modelos de sistemas de aquecimento solar, com diversas características. Sua seleção ocorre em função da aplicação vislumbrada, por meio da definição e do reconhecimento de particularidades e variáveis específicas para o uso pretendido. Os coletores solares devem ser resistentes às condições exteriores (clima, intempéries etc.) e eficientes na conversão da energia. O projeto de construção desses elementos também deve prever resistência às pressões do sistema e à baixa necessidade de manutenção.

Devido aos custos relativamente altos dos sistemas de placas e coletores solares planos, algumas alternativas de aquecimento de água surgiram apresentando condições viáveis, mas com certa perda de eficiência. Nesse nicho, os sistemas de mangueiras pretas e forro de PVC ganham destaque. São sistemas feitos de forma alternativa, sua construção se dá artesanalmente e existem poucos relatos sobre estudos de sua eficiência de aquecimento com relação ao investimento empregado. Aprofundar-se nesses sistemas vai além de mensurar sua eficiência e sua aplicabilidade. Busca-se atestar que são realmente opções válidas e compensadoras à maioria das famílias, em especial as de baixa renda.

### 2.3.1 *Inclinação dos coletores*

O posicionamento do conjunto de coletores solares é essencial para construção de instalações mais eficientes, nas quais há o melhor aproveitamento da radiação solar. Como regra básica, identificada em diversas metodologias internacionais, recomenda-se que a instalação apresente uma inclinação equivalente à latitude da região onde será instalado o sistema, somando-se 10°. Como exemplo, para a cidade de São Paulo, localizada à latitude aproximada de 23°, indica-se a instalação dos coletores com 33° de inclinação. Essa inclinação pode mudar de acordo com a época do ano para aumentar sua eficiência. O maior aproveitamento ocorre quando os coletores solares são direcionados para o Norte Geográfico (quando instalados no Hemisfério Sul, como no caso do Brasil).

---

## 3 AQUECEDOR COM COLETOR DE PLACA DE PVC – O SISTEMA ASBC

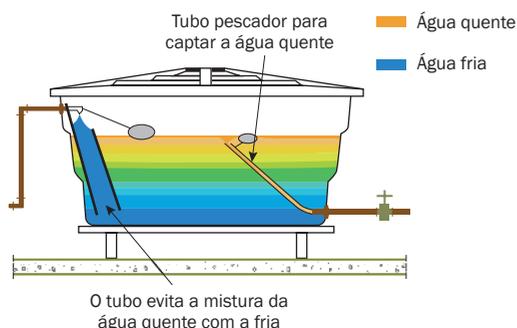
Na busca por tornar acessível financeiramente um sistema de aquecimento de água por meio da energia solar, principalmente para a população de baixa renda, a

Organização Não Governamental Sociedade do Sol (2012) desenvolveu um modelo de coletor solar denominado Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC). Os coletores do ASBC são constituídos de placas normalmente usadas em forro nos projetos civis. Eles têm perfil modular, também chamado alveolar, de material PVC. Tais sistemas diferenciam-se dos habituais comerciais por não utilizarem tampa de vidro nem sequer uma caixa de madeira, que são responsáveis pela obtenção do efeito estufa. A ausência da cobertura de vidro é imposta devido às características do PVC, que não suportaria temperaturas acima da faixa de 65°.

### 3.1 Princípios de funcionamento

O funcionamento do ASBC inicia-se quando a energia solar incide sobre a superfície negra dos coletores, que são as placas de PVC pintadas na cor preta, com tinta fosca. A energia absorvida transforma-se em calor e aquece a água, que circula no interior dos coletores. A água aquecida tem sua densidade diminuída e começa a se movimentar em direção à caixa, dando início a um processo natural de circulação da água, no efeito chamado termossifão. Para que essa circulação ocorra da maneira desejada, o reservatório deverá estar em um nível mais alto que os coletores. Esse processo é contínuo enquanto houver uma boa irradiação solar ou até quando toda a água do circuito atingir a mesma temperatura, o que fará com que esse efeito ocorra vagarosamente, pois a água no reservatório tem perdas para o ambiente.

Um tubo pescador pode ser adicionado ao sistema, captando a água quente disposta na parte superior do reservatório. Do mesmo modo, pode-se montar um duto direcionador da água fria, com direção ao fundo, o que evita o encontro direto entre águas com temperaturas diferentes, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1** Componentes do reservatório de água de um ASBC

Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3.2 Materiais e construção do protótipo

Para a construção do sistema coletor estudado, foram necessários os seguintes itens: placa de forro alveolar de PVC 1,25 x 0,62 m; cotovelo de 90° de 20 mm em PVC; tubo de PVC de 32 mm; reservatório 20L; luvas soldáveis de PVC de 32 mm; redução de 32 mm para 1" em PVC; cap branco de 25 mm; cap marrom de 32 mm; adesivo bicomponente 120 gramas e esmalte sintético preto fosco 160 mL. São todos materiais de fácil obtenção, o que qualifica qualquer pessoa a obtê-los e manuseá-los.

A construção também se dá de maneira simples, por meio do uso de ferramentas de simples manuseio e acesso como furadeira, serra, rasquete e pincel. O passo a passo de construção segue as recomendações da Sociedade do Sol, encaixando-se a placa de PVC nas tubulações e efetuando as conexões. Posteriormente, são efetuadas as colagens e vedações, seguidas das pinturas e dos testes de estanqueidade. O modelo pronto pode ser visto na Figura 2.



**Figura 2** Coletor solar pintado

Fonte: Acervo dos autores.

---

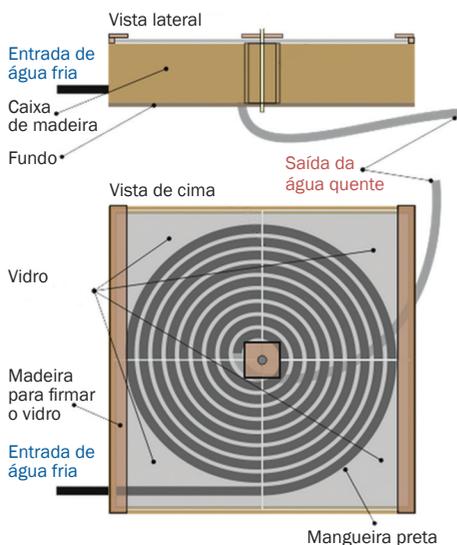
## 4 SISTEMA ESPIRAL DE MANGUEIRA PRETA

Trata-se de uma mangueira preta enrolada em formato espiral colocada sobre uma caixa de madeira inclinada, que pode ser coberta por um plástico ou vidro, sobre cuja superfície o sol incide, aquecendo o líquido dentro da mangueira. Tal esquema costuma ser aplicado em piscinas de maneira improvisada, com utilização de caixa e vidro de cobertura. Os materiais utilizados, assim como no caso do ASBC, são de fácil

obtenção em estabelecimentos comerciais. A dinâmica de construção é simplificada, não exigindo equipamentos sofisticados ou esforços acentuados.

#### 4.1 Princípios de funcionamento

A própria mangueira atua como um coletor solar, absorvendo a energia da radiação e transmitindo-a para a água em seu interior. A entrada da água fria acontece no raio da espiral e ela percorre todo o comprimento da mangueira, recebendo calor, obtendo sua temperatura máxima na saída localizada no centro da espiral. Portanto, observa-se um gradiente de temperatura, partindo do raio com água fria recém-adicionada ao equipamento, até o centro da espiral, no extremo do raio no sistema com maior temperatura. Considerando as características de perda de carga da mangueira, no entanto, faz-se necessário, no sistema, uma bomba que auxilie o fluxo de água a percorrer todo o caminho. Em alguns casos de maior exigência, é também utilizada uma cobertura de vidro, de maneira a otimizar o sistema e conter a refração da irradiação, como mostrado na Figura 3. Como o vidro tem um custo relativamente elevado e exige um manuseio mais complexo, com ferramentas de uso profissional e ajustes mais precisos, foi desconsiderado do projeto deste estudo, já que se busca um sistema de baixo custo.



**Figura 3** Indicações do projeto do método de mangueira preta

Fonte: Elaborada pelos autores.

## 4.2 Materiais e construção do protótipo

Os itens utilizados para construir o protótipo de sistema espiral de mangueira preta foram: *spray* esmalte sintético preto; *kit* de silicone 270 mL; durepóxi 250g; braçadeira *nylon* 4,5 cm x 2,00 cm; Madeirit 2,20 x 1,10 x 0,017 m; mangueira preta PVC ¾"; caixa de isopor 24L; bomba submersa *sarlobetter* B650; braçadeira ¾"; conexão ¾"; braçadeira ½"; cola de madeira (250mL) e 50 pregos sem cabeça 68 mm. A lista de componentes é caracterizada por materiais simples e de custo relativamente baixo, bem como fácil manuseio para construção. A sequência de construção inicia-se enrolando-se a mangueira em uma peça de Madeirit com um furo central, feito para passagem da conexão de saída da água. Em seguida, são feitas as fixações da mangueira e das laterais da caixa no Madeirit, bem como fixadas as conexões de entrada e saída no reservatório. Por fim, é aplicada tinta preta no conjunto e feito teste de estanqueidade, conforme mostrado na Figura 4.



**Figura 4** Sistema de mangueira em espiral completo

Fonte: Acervo dos autores.

---

## 5 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados dos protótipos, algumas premissas básicas foram adotadas, a fim de obter resultados comparativos. Foram estabelecidas as mesmas variáveis de localização, referências climáticas, ângulo de inclinação do coletor e também adotadas as recomendações da NBR 10184, com medições antes e após o meio-dia solar. Também foi convencionado para a comparação que ambos os protótipos tivessem áreas de

incidência próximas, bem como um valor de volume quase idêntico (9,1L), para que aquecessem a mesma quantidade de água.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS

A seguir, são apresentados os dados obtidos experimentalmente durante o período de 25 a 28 de fevereiro de 2013. Foram feitas quatro medições diárias, seguindo recomendações já citadas da NBR 10184.

O termômetro foi preso na conexão de saída da água dos coletores, e as medições obtidas estão representadas na coluna “T(água)”. As medições de vazão são apenas referenciais, já que foram feitas sem instrumentação adequada e, por isso, podem apresentar grande margem de erro. Os valores de incidência foram fornecidos pelo professor Fábio Raia, que monitora um trabalho de coleta diário de dados de irradiação na Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM), dispondo de um sistema com sensores e *datalog* ligados a um *software*. Para o coletor de PVC, os dados estão dispostos na Tabela 1.

TABELA 1

Coleta de dados do sistema de aquecimento solar de baixo custo PVC

Dia 25 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	28,5	24,2	789	42,8
12:00	48,6	26,0	953	46,7
14:00	51,5	31,2	784	50,2
16:00	46,6	29,9	448	49,8
Dia 26 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	28,4	23,4	818	41,4
12:00	50,6	28,4	837	45,2
14:00	51,6	32,6	841	48,6
16:00	46,7	27,6	598	47,5
Dia 27 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	27,6	23,1	298	40,0
12:00	44,7	30,9	415	42,5
14:00	51,6	33,2	643	43,1
16:00	48,5	29,9	549	42,0

(continua)

TABELA 1 (continuação)

Coleta de dados do sistema de aquecimento solar de baixo custo PVC

Dia 28 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	26,4	21,2	291	36,2
12:00	37,52	26,3	341	38,5
14:00	46,6	28,8	529	38,8
16:00	30,7	22,9	199	37

Fonte: Elaborada pelos autores.

Os dados para o coletor de mangueira preta espiral estão dispostos na Tabela 2:

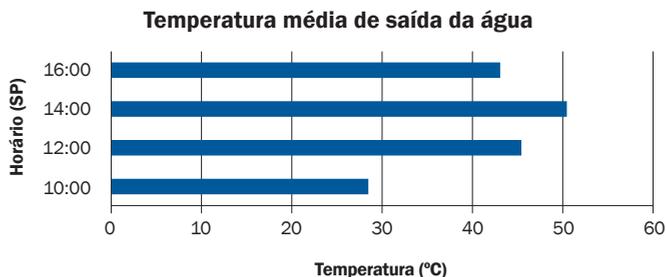
TABELA 2

Coleta de dados do sistema de aquecimento solar de baixo custo mangueira

Dia 25 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	25,3	24,2	789	315
12:00	35,6	26,0	953	315
14:00	49,9	31,2	784	315
16:00	46,4	29,9	448	315
Dia 26 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	25,4	23,4	818	315
12:00	39,2	28,4	837	315
14:00	56,2	32,6	841	315
16:00	48,6	27,6	598	315
Dia 27 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	24,1	23,1	298	315
12:00	36,3	30,9	415	315
14:00	50,1	33,2	643	315
16:00	47,9	29,9	549	315
Dia 28 de fevereiro de 2013				
Horário	T(água)°C	T(amb)°C	Incidência (w/m <sup>2</sup> )	Vazão (L/h)
10:00	22,7	21,2	291	315
12:00	33,6	26,3	341	315
14:00	42,8	28,8	529	315
16:00	28,9	22,9	199	315

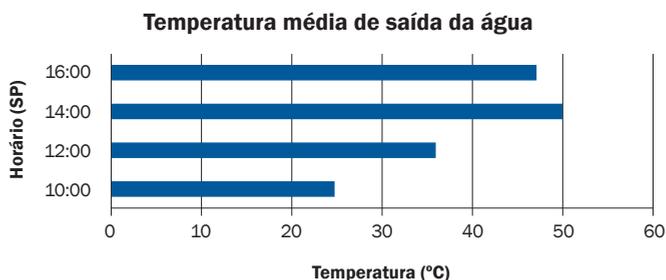
Fonte: Elaborada pelos autores.

Os valores médios de temperatura do coletor PVC e do coletor com mangueira preta espiral são apresentados nos gráficos 1 e 2, respectivamente.



**Gráfico 1** Dados médios coletados do coletor de PVC

Fonte: Elaborado pelos autores.



**Gráfico 2** Dados médios coletados do coletor de mangueira em espiral

Fonte: Elaborado pelos autores

## 7 EFICIÊNCIA E POTÊNCIA

A partir da análise dos gráficos e valores encontrados e demonstrados, são deduzidas algumas conclusões. Logo ao focar sobre as temperaturas atingidas, percebe-se que elas são mais que suficientes para atender às necessidades domésticas, em que a temperatura mais elevada costuma ser a do chuveiro, que já se torna confortável em torno dos 40°C.

Para a análise das eficiências de ambos os métodos, será utilizada a Equação (1):

$$\eta\psi = \frac{P_{abs}}{P_{irr}} \quad (1)$$

em que:

$\eta\psi$  = Valor da eficiência em porcentagem.

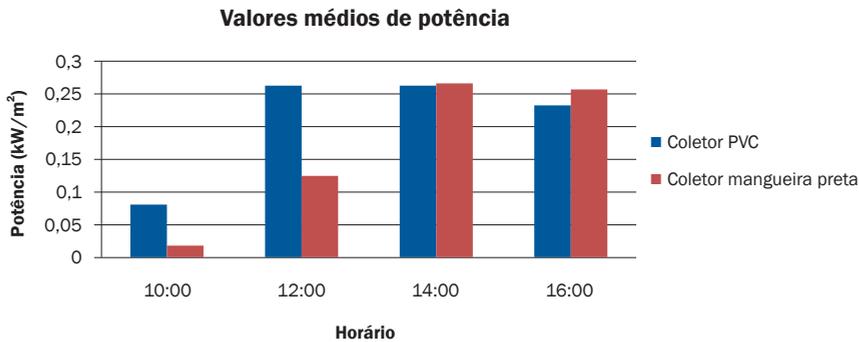
$P_{irr}$  = Potência irradiada pelo sol.

$P_{abs}$  = Potência absorvida pelo respectivo coletor.

A potência absorvida pelo respectivo coletor pode ser encontrada aplicando-se a Equação (2) que relaciona o calor específico da água ( $C_p = 4,18 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$ ), a massa “m” (kg) do coletor, a variação de temperatura  $\Delta T$  ( $^\circ\text{C}$ ), a área de incidência do coletor (At) e a conversão para uma hora de coleta (3.600 segundos).

$$P_{abs} = C_p \times m \times \frac{\Delta T}{At \times 3600} \quad (2)$$

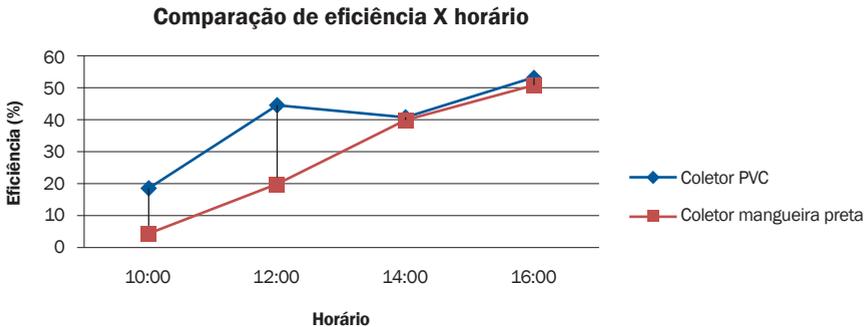
Fazendo-se a média para os quatro dias analisados e aplicando os valores nas equações relacionadas, obtiveram-se os seguintes valores médios para potência, dispostos no Gráfico 3.



**Gráfico 3** Potência média dos coletores

Fonte: Elaborado pelos autores.

Dividindo-se pelos valores médios de potência irradiada, obteve-se o seguinte panorama comparativo de eficiência, como mostrado no Gráfico 4.



**Gráfico 4** Comparativo entre as eficiências dos métodos

Fonte: Elaborado pelos autores.

## 8 VIABILIDADE ECONÔMICA

Como o foco dos sistemas de baixo custo são as famílias de baixa renda, é de suma importância realizar a análise econômica e a viabilidade de realizar tal projeto em relação à renda da população brasileira. Os custos considerados no estudo não incluíram ferramentas e outros equipamentos complementares usados durante a produção do aquecedor. A análise econômica foi realizada para um sistema projetado para uma casa com até quatro moradores. Cada morador, nessa conta, gasta em média 50 litros de água aquecida por dia, necessitando de um reservatório de 200L para o sistema (CONGÁS, 2011).

### 8.1 Sistema ASBC

O custo do sistema ASBC foi de R\$ 473,20, como dispõe a Tabela 3:

TABELA 3

Custos do sistema de PVC alveolar

Material	Unidade	Quant.	Valor	Total
Placa de forro alveolar de PVC	Unidade	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
Cotovelo de 90° de 3/4" em PVC	Peça	4	R\$ 0,30	R\$ 1,20
Tubo de PVC de 32 mm	Metros	12	R\$ 5,00	R\$ 60,00
Reservatório 200L	Unidade	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Luvas soldáveis de PVC de 32 mm	Peça	2	R\$ 13,00	R\$ 26,00
Redução de 32 mm para 1" em PVC	Peça	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Cap branco de 1"	Peça	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Cap marrom de 32 mm	Peça	3	R\$ 1,00	R\$ 3,00
Adesivo bicomponente 120 gramas	Unidade	1	R\$ 60,00	R\$ 60,00
Esmalte sintético preto fosco 160 ml	Unidade	1	R\$ 20,00	R\$ 20,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Para o cálculo da rentabilidade, foi estabelecido que a água quente utilizada na casa vai apenas para o chuveiro, o qual gasta 5kWh de energia em funcionamento. Considerando que cada morador do domicílio gasta 15 minutos no banho todos os dias, ao final do dia, terão gastado uma hora de banho. No mês, isso significa 30 horas de funcionamento do chuveiro. Logo, no fim do mês, os moradores deixarão de consumir da rede elétrica 150 kW.

Em São Paulo, o preço da energia cobrado pela empresa Eletropaulo para residências é de 0,23801 R\$/kWh. Esse valor é válido desde 24 de janeiro de 2013 até 3 de julho de 2013, segundo o site oficial da Aneel. Assim, a economia mensal da residência será de R\$ 35,70. A partir desse valor com relação ao custo do projeto, é possível dizer que em aproximadamente 13 meses e 8 dias a economia atingirá o investimento no equipamento.

## 8.2 Sistema mangueira preta

A análise econômica do aquecedor com mangueira preta será feita nas mesmas bases que a análise anterior, do ASBC. Logo, os valores abaixo seguem uma estimativa de preços com base em pesquisas de mercado para a região da Grande São Paulo em fevereiro de 2013, conforme a Tabela 4.

TABELA 4

Custos do sistema espiral de mangueira preta

Material	Unidade	Quant.	Valor	Total
Spray Colorgin esmalte sintético preto	Tubo	2	R\$ 17,05	R\$ 34,10
Kit silicone com aplicador 270 ml	Tubo	1	R\$ 26,25	R\$ 26,25
Durepoxi 250 g	Caixa	1	R\$ 9,15	R\$ 9,15
Abraçadeira nylon 4,5 x 2,00	Saco	1	R\$ 21,50	R\$ 21,50
Madeirite (2,20 x 1,10 m) 17 mm	Unidade	1	R\$ 45,00	R\$ 45,00
Mangueira preta emborrachada 3/4"	Metros	40	R\$ 5,00	R\$ 200,00
Bomba submersa SarloBetter B650	Unidade	1	R\$ 54,90	R\$ 54,90
Abraçadeira 3/4"	Unidade	1	R\$ 1,20	R\$ 1,20
Conexão 3/4"	Unidade	1	R\$ 2,25	R\$ 2,25
Abraçadeira 1/2"	Unidade	1	R\$ 1,10	R\$ 1,10
Cola de madeira (250 ml)	Tubo	1	R\$ 13,90	R\$ 13,90
Reservatório d'água de 200 litros	Unidade	1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
Prego s/ cabeça 68 mm (50 unidades)	Saco	1	R\$ 6,90	R\$ 6,90

Fonte: Elaborada pelos autores.

Com a soma dos preços desses componentes, temos que o custo unitário do projeto da caixa é de R\$ 616,25. No entanto, para o preço desse sistema também se deve considerar o gasto mensal da bomba. A bomba utilizada tem um consumo de 11Wh. Levando uma média de 30 dias por mês, há o consumo de 7,92 kW, pelo custo do kW na Grande São Paulo, obtém-se mais um custo fixo mensal de R\$ 1,89.

Então, para esse método, o tempo de recuperação do investimento é de 18 meses e 7 dias. Vale lembrar que, nesse caso, também se pode ligar o sistema diretamente na

caixa de água, economizando R\$ 200,00 no projeto e tendo seu investimento recuperado em 12 meses e 9 dias, seis meses mais rápido que o índice anterior.

---

## 9 CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados obtidos, observou-se que os níveis de eficiência entre os modelos alcançaram patamares muito próximos, assim como os índices de potência apresentados. No entanto, o coletor de PVC mostrou-se mais vantajoso pela relação dos custos envolvidos, custando cerca de 25% menos que o coletor de mangueira preta, além de dispensar o uso de energia elétrica no sistema para acionamento de bomba, bem como as consequências de sua manutenção.

Mesmo com a diferença de custos desses sistemas alternativos, também foi comprovado que ambos apresentam viabilidade econômica para aquecimento de água em níveis domésticos, inclusive se comparados com os sistemas comerciais vendidos atualmente no mercado, que utilizam o mesmo princípio de captação da energia solar. Foi possível perceber que também há a possibilidade de construção desses equipamentos em larga escala, vista as etapas de fácil execução do processo construtivo, bem como os próprios materiais em si. Isso significa que os modelos apresentados podem ser alvo de investimento para empresas interessadas na venda em escala comercial. A partir deste estudo, fundamentaram-se os sistemas de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar como alternativas viáveis economicamente aos cidadãos, independentemente de classe social e como opção real de modelo energético sustentável a ser seguido.

### COMPARATIVE STUDY ON ALTERNATIVE EFFICIENCY METHODS OF HEATING WATER BY SOLAR ENERGY

#### Abstract

This study shows comparisons between alternative systems of low-cost water heating with solar energy, and ways of optimization about them; aimed at domestic use. For evaluation, were collected data from two built prototypes: a system with spiraling black hose, and another system with alveolar PVC plate. The results and comparisons should establish that both systems are satisfactory for domestic application. In addition, the results shoes that the model of alveolar PVC plate presents an

initial advantage for the lower cost and monthly savings and higher levels of efficiency than the system with black hose.

**Keywords:** Solar energy. Water heating. Alveolar PVC plate.

---

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Energia solar: aplicações. 2003. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 26 abr. 2012.

DEPARTAMENTO DE AQUECIMENTO SOLAR – DASOL. Disponível em: <<http://www.dasolabrava.org.br/>>. Acesso em: 15 set. 2012.

SOCIEDADE DO SOL – SOSOL. Manual de instrução de manufatura e instalação experimental do Aquecedor Solar de Baixo Custo ASBC. Disponível em: <[http://www.sociedadedosol.org.br/asbc/asbc\\_online.htm](http://www.sociedadedosol.org.br/asbc/asbc_online.htm)>. Acesso em: 15 abr. 2012.

### Contato

Felipe F. Gonçalves  
fe\_ferrari12@hotmail.com