



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

**Aproveitamento da energia solar na região do maciço de Baturité:
Aquecedor solar utilizando materiais pós-consumo**

Solar energy utilization in the Baturité massif region: Solar heater using post-consumption materials

Hilene da Costa de Carvalho
Romário Fernandes de Sousa

RESUMO

As regiões do Maciço de Baturité localizadas no interior do estado do Ceará destacam-se pela potencialidade da radiação solar incidente, o que favorece o desenvolvimento de sistemas de geração de energia a partir do aproveitamento dessa fonte renovável. O presente trabalho, desenvolvido nos municípios de Redenção, Acarápe e Barreira, reflete a experiência de ensinar a construir aquecedores solares de baixo custo a partir de materiais pós-consumo para que famílias de baixa renda possam se beneficiar desta forma de energia renovável sem custo algum. Esses materiais, que a princípio são descartados na natureza, podem ser reutilizados para construir aquecedores solares que permitem aquecer água a partir da luz solar, sem a utilização de energia elétrica. Com o objetivo de disseminar este projeto foram realizadas palestras e oficinas em escolas e outras instituições sociais dos municípios com o intuito de favorecer a economia na energia elétrica familiar e a reutilização de materiais.

Palavras-chave: Aproveitamento Energético, Aquecedor Solar, Materiais Pós-Consumo

ABSTRACT

The regions of Baturité massif located in the interior of the state of Ceará stand out due to the potential of incident solar radiation, which favors the development of energy systems from the use of this renewable source. The present work, developed in the municipalities of Redenção, Acarápe and Barreira, reflects the experience of teaching to build low-cost solar heaters from post-consumption materials so that low-income families can benefit from this form of renewable energy at no cost. These materials, which are originally discarded in nature, can be reused to build solar heaters that allow you to heat water from sunlight without the use of electricity. In order to disseminate this project, lectures and workshops were held in schools and other social institutions in the municipalities, with the aim of improving families' electrical energy savings and the reuse of materials.

Keywords: Energy Utilization, Solar Heater, Post-Consumer Materials



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

INTRODUÇÃO

Des da antiguidade o Homem vem procurando formas de facilitar a sua vida, com conforto e comodidade. A dinâmica da vida contemporânea nos condiciona à ação de pensar em solucionar vários problemas existentes no nosso cotidiano.

De acordo com Franceschi et al. (2013) depois da descoberta da eletricidade pelo filósofo grego Tales de Mileto, foram surgindo várias máquinas e aparelhos elétricos, um deles é o chuveiro elétrico, que chegou ao Brasil em meados dos anos 40 com um alto custo de comercialização, beneficiando praticamente só as famílias de classe alta. No decorrer do tempo foi ficando acessível a toda população, e hoje em dia é um aparelho comum e indispensável na vida de qualquer pessoa.

Entretanto, devido à sua grande potência, ele se tornou um dos grandes responsáveis pelo consumo de eletricidade. O uso intensivo do chuveiro elétrico é apontado como um dos maiores vilões do consumo de energia residencial, chegando a ser responsável por até 26% do consumo total de energia elétrica do Brasil. (PINHEIRO, 2006).

No Brasil os primeiros aquecedores eram feitos com placas que absorviam a energia solar, entretanto apresentava um alto custo. Isso levou ao desenvolvimento de vários projetos, um dos projetos ficou conhecido como aquecedor solar reciclável, desenvolvido em 2004, pelo aposentado José Alcino Alano que reside na cidade de Tubarão em Santa Catarina.

Devido ao fato do Brasil estar localizado perto da linha do equador, ele se torna um dos países tropicais com maior incidência de radiação solar, que dura praticamente o ano inteiro. Assim a utilização da energia solar como fonte de energia alternativa para a energia elétrica e para o aquecimento de água torna-se muito viável.

Um aquecedor solar convencional consegue aquecer a água cerca de 50°C ou um pouco mais em dias mais quentes e em dias mais nublados e com temperaturas amenas chega a aquecer por volta de 30°C. (ALANO, 2014).

O tempo de aquecimento da água em um aquecedor solar convencional começa por volta de 4 a 5 horas exposto ao sol. E sua vida útil será por volta de 20 anos.

Já o aquecedor solar feito de materiais recicláveis que mostraremos nesse projeto consegue aquecer a água em dias não muito quentes aproximadamente



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

42°C, e essas temperaturas são alcançadas por volta de 6 horas de exposição ao sol. (ALANO, 2014).

O objetivo do projeto é mostrar a economia de energia elétrica e despertar nas pessoas a consciência de que as embalagens pós-consumo como garrafas pet e embalagens cartonadas longa vida podem transformar em algo útil. Então se pensou não como uma melhoria física, mais sim, como um meio de divulgação do aquecedor reciclável e conscientização que o “lixo pode se tornar em algo útil”.

Revisão Bibliográfica

O Homem desde a antiguidade vem buscando meios de tornar a sua vida mais confortável e com mais comodidade, por isso ele tem sempre buscado formas de solucionar vários problemas existentes no seu cotidiano. Com isso veio a exploração em massa dos recursos naturais não renováveis como forma de suprir as suas necessidades, levando a escassez desses recursos, a partir daí surge a busca por outras fontes de energias que sejam menos poluentes e que agride menos o meio ambiente.

O Sol é uma estrela média, semelhante a milhares de outras no Universo. É uma poderosa máquina de energia, produzindo cerca de $4,0 \times 10^{23}$ quilowatts de potência por segundo (TAVARES, 2000).

No início do século XIX a produção de energia elétrica era responsável por cerca de dois terços da emissão total de dióxido de carbono para a atmosfera, levando a alterações climáticas. Por isso foram necessárias alternativas limpas e viáveis para reduzir esse problema. Desta forma a energia solar ganhou maior relevo, embora já tivesse chegado no pico de popularidade nos anos 70, devido às crises na indústria do petróleo. (PINTO et al., 2015).

A energia solar destaca-se devido a sua variedade de utilizações, como a energia solar fotovoltaica, que gera eletricidade e a energia solar térmica, que pode ser utilizada para aquecer água, secagem e desidratação dos alimentos, destilação de água e forno solar (RAMOS FILHO, 2011).

Existem dois métodos de captação dessa fonte de energia, o método direto e o método indireto. Segundo Oliveira e Damasceno (2009) o método direto significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

utilizável pelo homem, enquanto que o indireto precisará haver mais de uma transformação para que surja energia utilizável.

A utilização de energia solar no aquecimento de água vem sendo realizada a várias décadas e em muitos países. O elevado custo das formas de energia convencionais desperta especial interesse no aproveitamento dessa forma de energia, cujo investimento inicial em equipamentos é compensado pelo fornecimento energético sem grandes problemas (MOGAWER; SOUZA, 2002)

Uma das formas de aproveitamento dessa fonte de energia são os coletores solares, que são equipamentos responsáveis por absorver a radiação solar aquecendo a água que circula no seu interior.

Os coletores solares são mais usados para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes), tanto em aplicações residenciais, quanto comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.). Aquecem a água, a temperaturas relativamente baixas (inferiores a 100°C) (BANDEIRA, 2012).

No que diz respeito ao consumo residencial no Brasil entre os eletrodomésticos o chuveiro elétrico representa 24% contra os 22% da geladeira e 20% do ar condicionado. Presente em 85% das residências brasileiras. (PROCEL, 2005).

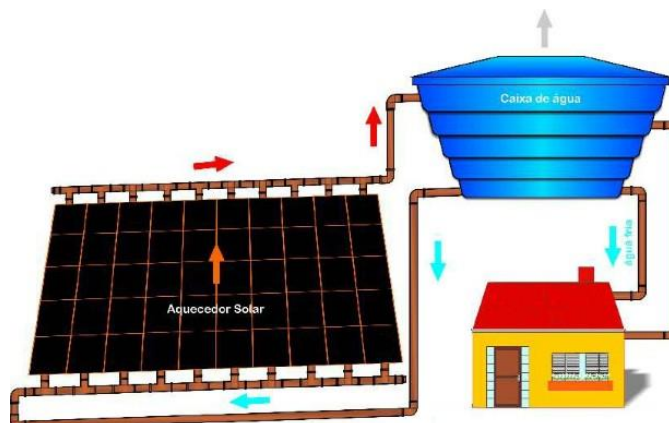
O aquecedor solar utilizando materiais pós-consumo, foi desenvolvido pelo aposentado José Alcino Alano, morador da cidade de Tubarão em Santa Catarina além de economizar energia elétrica e beneficiar diretamente o meio ambiente, tem como objetivo despertar nas pessoas a consciência de que, todas essas embalagens pós-consumo disponibilizadas no meio ambiente, (garrafas PET embalagens cartonadas longa vida) podem transformar-se em algo útil.

O princípio de funcionamento é dado por termo sifão desde que se tenha a possibilidade de instalar o coletor solar sempre abaixo do nível inferior da caixa ou reservatório. Esse desnível é necessário para garantir circulação da água no coletor pela diferença de densidade entre a água quente e a fria. À medida que a água esquenta sobe pelas colunas do aquecedor/coletor, seguindo a tubulação e regressando a parte superior da caixa ou reservatório. A água fria por ser mais pesada flui para a parte inferior do coletor mantendo o aquecedor sempre cheio de água e fechando o ciclo de aquecimento como mostrado na figura a seguir (ALANO, 2014).



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

Figura 1: Sistema de circulação por termossifão



Fonte: Alano, 2014



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido primeiramente utilizando os princípios básicos de pesquisas a artigos e publicações técnico-científicas, teses e dissertações, além de pesquisas na internet em sites de entidades científicas. Por se tratar de um projeto já existente, o foco foi direcionado para a realização de possíveis melhorias e incentivações da população a aderir a essa ideia.

Na segunda fase foi feito levantamento de dados relativos aos custos para sua realização, e uma comparação com o método tradicional para aquecimento de água com energia solar.

Elaborou-se um levantamento de preços dos materiais necessários para a construção do coletor solar, com o objetivo de comparar o seu custo com o de um coletor solar convencional. Esse levantamento de preços se deu em duas cidades do Maciço de Baturité (Redenção e Baturité).

Com isso deu-se a construção de um protótipo do coletor solar com a capacidade para aquecer 20L (vinte litros) de água, que foi utilizado nas palestras e oficinas de divulgação do projeto pelas comunidades das regiões do maciço de Baturité como forma de mostrar o funcionamento do mesmo. Antes da construção do protótipo calculou-se a quantidade de calor, a área do coletor e a quantidade de garrafas pet's que seriam necessários para aquecer 20L (vinte litros) de água.

Feito isso elaborou-se um manual com passo a passo e os cálculos de como construir e dimensionar o aquecedor solar pós- consumo, que foi distribuído durante as oficinas e palestras.

Posteriormente fez-se a aplicação do questionário para saber a opinião da população do Maciço acerca da utilização de materiais pós-consumo para a produção de energia.

Foram realizadas ações sociais junto à comunidade nas escolas e instituições, direcionadas para a população mais carente em termos económico do Maciço de Baturité. Essas ações foram feitas através de uma oficina e palestras, sobre reciclagem e aproveitamento energético desses materiais e sobre a construção e o funcionamento do coletor solar com materiais pós-consumo.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Resultados e discussões

Do levantamento dos preços feito nas cidades de Redenção e Baturité, para ter um orçamento de quanto custaria um coletor solar com materiais pós-consumo, verificou-se que na cidade de Redenção os preços são mais em conta do que em Baturité, provavelmente devido ao fato de Redenção ser mais perto do centro de Fortaleza. Para construir um coletor solar com capacidade de aquecer 100L de água o custo será em torno de 80 reais. De acordo com os cálculos já feitos, esse investimento pode ser recuperado em cerca de um mês.

O consumo de um chuveiro elétrico convencional gasta em média 5,4kw/h. Segundo ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), a tarifa residencial média do estado do Ceará é de 0,48 R\$/kwh. Fazendo a estimativa para uma residência com quatro pessoas que tomam em média dois banhos de cerca de 15min (quinze minutos) por dia, a economia na energia elétrica seria aproximadamente 155,52 reais por mês em cada chuveiro elétrico.

Para aquecer um volume de 20L de água construiu-se um coletor com uma área de 0,20m² e utilizou-se 12 garrafas pet's, Como mostrado na figura 1.

Figura 2 - Protótipo do coletor solar com materiais pós-consumo



Fonte: Autores

O manual com o passo a passo da construção do coletor solar com materiais pós-consumo foi elaborado com base nos cálculos realizados para a construção do protótipo, manual esse que foi distribuído gratuitamente nas as escolas do ensino médio do Maciço onde se deu as ações de extensões, com o intuito de estimular os professores a e os diretores a incutir nos seus alunos a ideia de reutilização e aproveitamento energético.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

Prosseguiu-se os testes com o protótipo para verificar o funcionamento do mesmo. O primeiro teste foi realizado no dia 13 de Março de 2016 com pouca incidência de radiação solar. Os dados foram anotados na tabela 1 que se segue.

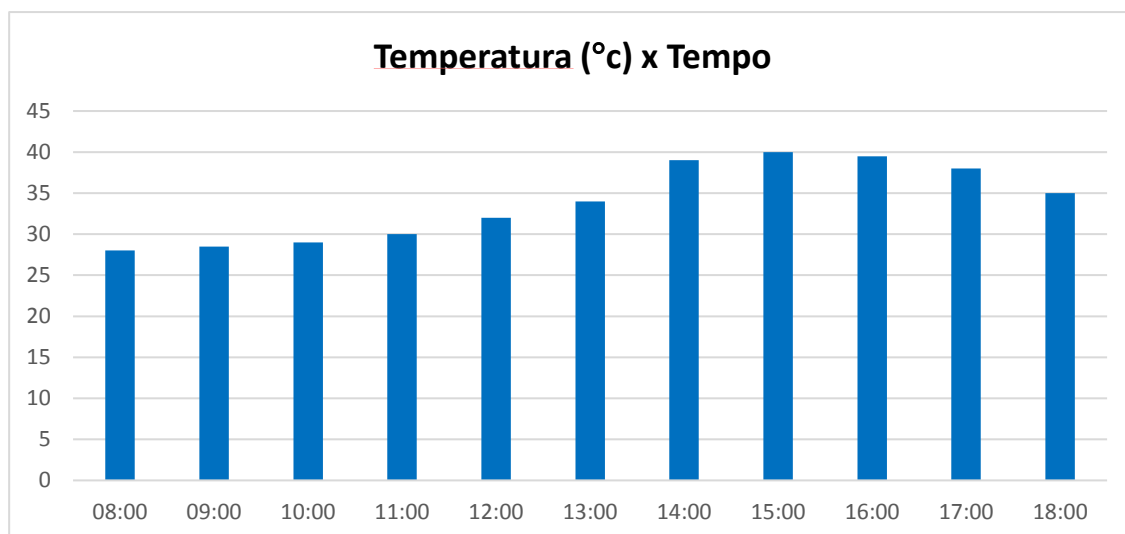
Tabela 1- Teste 1, elevação da temperatura com o tempo

Horário	Temperatura da água (°C)	Temperatura ambiente (°C)
08:00	28	28,5
09:00	28,5	28,5
10:00	29	29,7
11:00	30	30
12:00	32	30,3
13:00	34	30,5
14:00	39	31
15:00	40	30,5
16:00	39,5	30
17:00	38	30
18:00	35	28

Fonte: Autores

Com os dados da tabela 1, Gerou-se o gráfico 1 de forma a ilustrar melhor a evolução da temperatura com o tempo.

Gráfico 1: Teste 1, elevação da temperatura com o tempo



Fonte: Autores



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil

O segundo teste foi realizado num dia 18 de Março de 2016, com um pouco mais de incidência da radiação solar com intervalos de medições de meia em meia hora.

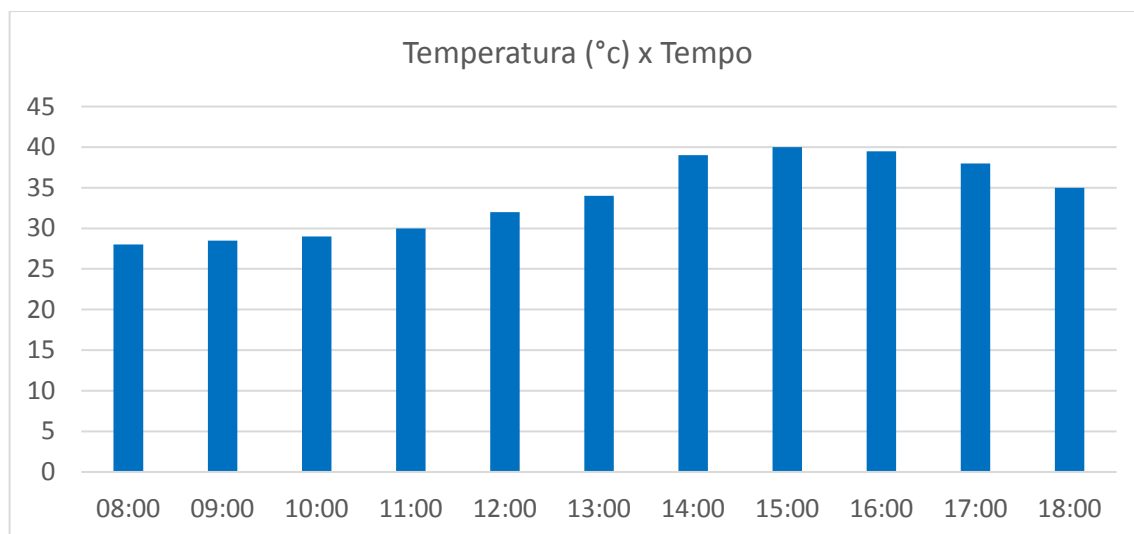
Tabela 2- Teste 2, elevação da temperatura com o tempo

Horário	Temperatura da água (°C)	Temperatura ambiente (°C)
13:30	28	33
14:00	36	34
14:30	38,5	33
15:00	40	32
15:30	41,5	31
16:00	42	30,7
16:30	42,5	30
17:00	42	30
17:30	40	30,6
18:00	39,8	28

Fonte: Autores

Com os dados da tabela 2, Gerou-se o gráfico 2 de forma a ilustrar melhor a evolução da temperatura com o tempo.

Gráfico 2: Teste 2, elevação da temperatura com o tempo



Fonte: Autores



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Com os testes verificou-se que o rendimento do protótipo foi satisfatório, tendo como resultado um elevado aquecimento da água principalmente no período da tarde onde há uma elevada incidência da radiação solar.

E com o protótipo e o manual pronto deu-se a divulgação do projeto pelas comunidades da região do maciço de Baturité.

Figura 3: Divulgação do projeto na secretaria de educação de Redenção



Figura 4: Divulgação do projeto na escola Joaquim Simão de Oliveira- Serra do Guassi-Redenção.





XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Figura 5: Divulgação do projeto na escola Danísio Dalton Correa- Barreira



Figura 6: Divulgação do projeto na escola saraiva Leão - Redenção



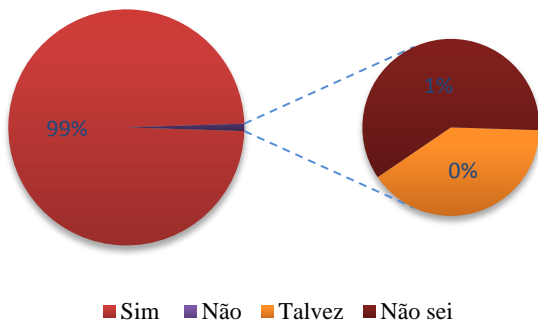
Sobre a disseminação do aquecedor solar para a comunidade, através das atividades realizadas, a resposta da população foi muito positiva e satisfatória. As pessoas das comunidades demonstraram bastante interesse em aprender sobre o sistema e seus benefícios e visando a instalação do mesmo em suas residências. As pessoas interessadas ficaram bastante satisfeitas em conhecer a eficiência do projeto, com seu baixo custo de montagem e instalação e a redução de gastos que o mesmo pode proporcionar.

Pelo questionário pôde-se constatar que a maioria das respostas foram positivas. Das pessoas que responderam ao questionário 80 % estão dispostas a utilizar materiais pós-consumo para diminuir as despesas com a energia e ao mesmo tempo preservar o meio ambiente. Também através do questionário constatou-se que a população carece de falta de informação no que diz respeito aos consumo de energia elétrica pelos eletrodomesticos. Muitos não sabiam da importância da utilização de fontes de energia renováveis que não prejudicam o meio ambiente.

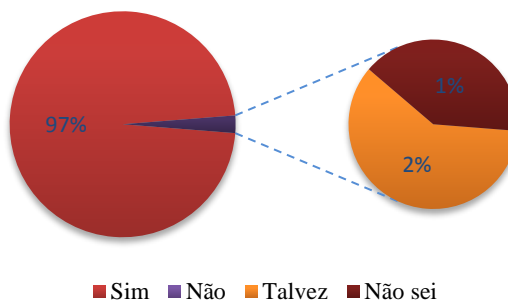


XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

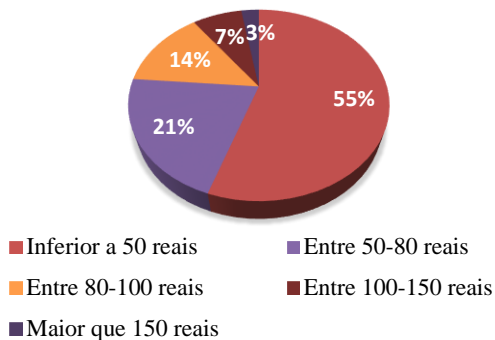
Você se preocupa com as mudanças climáticas?



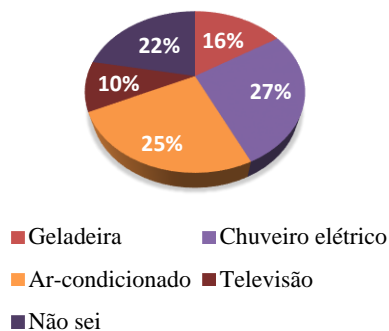
Achas importante tomar ações que reduzam o consumo de recursos naturais?



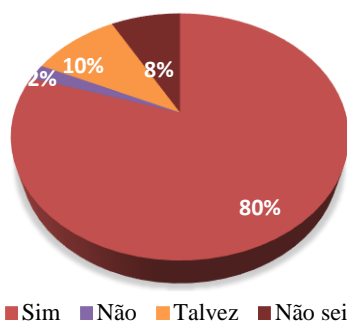
Qual seria em média o seu gasto mensal no pagamento da conta de energia em sua residência?



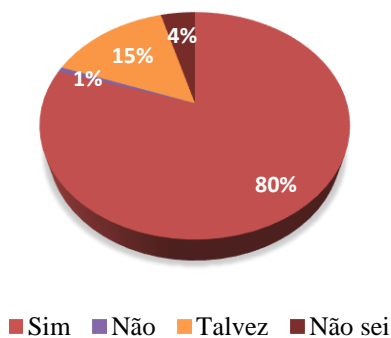
Na sua opinião qual o produto que consome mais energia na sua residência?



Usarias produtos pós-consumo para economizar energia em sua residência?



Gostarias de ter água quente a baixo custo na sua residência?



Fonte: Autores

Por fim deu-se a realização da oficina onde contou com a presença dos estudantes da UNILAB de diferentes áreas onde foi construído um protótipo de coletor solar. A oficina teve a finalidade de mostrar como se dá o passo a passo da construção do coletor solar.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Figura 6: Oficina Construção de aquecedor solar com materiais pós-consumo



O trabalho social que envolveu este estudo deve ser continuado, mesmo, após a finalização do projeto, pois resultados positivos obtidos com projetos como este ocorrem a longo prazo e necessitam de continuidade efetiva por parte dos envolvidos.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Considerações finais

O aquecedor solar produzido aqui tem uma potência por m² dia inferior ao convencional de mercado. O convencional utiliza equipamentos superiores que tem grande influência na capacidade de absorção da radiação solar e na transmissão de calor para a água, pois utilizam metais como cobre ou alumínio tanto nos canos como no material que faz o fundo do coletor, além de possuir um isolamento feito com materiais termoplásticos. Porém, a principal idéia do coletor de baixo custo, além de demonstrar um custo benefício melhor (custo por capacidade de produção em um dia), é que ele é de fácil fabricação podendo ser utilizado tanto em escolas para ensinar conceitos como os abordados nesse trabalho e de fácil aplicação como em qualquer residencia seja baixa ou de alta renda possibilitando a todos a economia de energia e consequente colaboração com a sociedade.

A divulgação do projeto foi muito importante para a população da região, visto que carecem de falta de informação e incentivos no que diz respeito a reutilização de materiais pós-consumo para obter energia. As palestras foram de suma importância para divulgação dessa ideia.

A economia a ser obtida através das sugestões para o uso desta tecnologia e programas de educação neste sentido pode-se reverter em grandes economias para os bolsos da população da região. Além dos aspectos ambientais que podem ser verificados neste sentido. A economia de energia significa a postergação da construção de novas usinas, assim proporcionando possibilidades da preservação ambiental. Isso reduzirá o descarte dos materiais recicláveis e aquecedores construídos em serie podem ser comercializáveis para regiões com o clima mais frio.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engenhagens
Itajubá-MG, Brasil**

Referências bibliográficas

ALANO, José Alcino. **Aquecedor solar com produtos descartáveis**: Manual de construção e instalação. 2004. Disponível em: <<http://www.celesc.com.br/portal/images/arquivos/manuais/manual-aquecedor-solar.pdf>>. Acesso em: 28 Abr. 2017.

BANDEIRA, Fausto de Paula Menezes. O aproveitamento da energia solar no Brasil: Situação e perspectiva. Brasília: Biblioteca Câmara dos Deputados, 2012. 15 p.

FRANCESCHI, Marcello Teixeira et al. **O chuveiro inteligente**. E-locação, Extrema, v. 3, n. 8, p.141-160, mar. 2013.

MOGAWER, Tamer; SOUZA, Teófilo Miguel de. **SISTEMA SOLAR DE AQUECIMENTO DE ÁGUA PARA RESIDÊNCIAS POPULARES**. 2002. 9 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campinas, Campinas, 2002.

OLIVEIRA, Roberto Ney Gomes de; DAMASCENO, João Jorge Ribeiro. **Análise do desempenho de um fogão solar**. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia: Ufu, 2009. p. 20 - 31.

PINHEIRO, P. C. **Análise comparativa dos sistemas de aquecimento de água residencial**. In: Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering, XII, 2006, Curitiba: Universidade Federal de Minas Gerais, Dec. 3-8, 2006.

PINTO, Carlos et al. **Energia Solar**. Porto: U. Porto, 2015. 29 p.

PROCEL. "Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: ano base 2005". PROCEL-ELETROBRAS, Disponível em: Acesso em: 05 Ago. 2017.

RAMOS FILHO, Ricardo Eugênio Barbosa. **Análise de desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antena de TV**. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

TAVARES, M. Aprendendo sobre o Sol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 8, p.78-82, 1 mar. 2000.