

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS DE MEDIANEIRA
CURSO DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

Gabriel Nunes Soares

**AQUECEDOR SOLAR PARA PISCINA COM CANOS DE PVC E
CONTROLE DE TEMPERATURA**

MEDIANEIRA

2012

GABRIEL NUNES SOARES

**AQUECEDOR SOLAR PARA PISCINA COM CANOS DE PVC E
CONTROLE DE TEMPERATURA**

Trabalho de diplomação como requisito parcial a obtenção de Grau de Tecnólogo, no Curso superior de Tecnologia em Manutenção Industrial promovido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Medianeira.
Orientador: Ivair Marchetti

MEDIANEIRA

2012



TERMO DE APROVAÇÃO

Aquecedor solar para piscina com cano de PVC e controle de temperatura

Por:

Gabriel Nunes Soares

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 16:00 h do dia 05 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. O acadêmico foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Ivair Marchetti

UTFPR – *Campus*

Medianeira

(Orientador)

Prof. Me. Yuri Ferruzzi

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Convidado)

Prof. Me. Almiro Weiss

UTFPR – *Campus*

Medianeira

(Convidado)

Prof. Me. Yuri Ferruzzi

UTFPR – *Campus* Medianeira

(Responsável pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a deus que sempre iluminou meu caminho e a meus pais, irmãos e amigos pela compreensão e colaboração nas varias etapas desta conquista. E principalmente ao meu irmão Osvaldo Soares da Silva, por disponibilizar sua residência e assumir todos os custos para montagem do sistema, depositando assim sua confiança e acreditando no potencial de um novo sistema.

RESUMO

SOARES, Gabriel N. Aquecedor solar para piscina com canos de PVC e controle de temperatura 2012. Folhas 42. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Manutenção Industrial)– Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

O presente trabalho aborda a utilização de energia limpa com a montagem de um sistema para aquecimento de água para piscina, a mesma localizada na cidade de Medianeira na região oeste do Paraná. O sistema foi confeccionado com canos de PVC por proporcionar menor custo de fabricação e serem mais resistente ao alto teor de cloro na água da piscina. Para atender a demanda de água foram fabricadas 6 placas com $1,5m^2$, sendo o sistema controlado através de controle manual e automatizado com o uso de controlador de temperatura. Para verificar a eficiência de funcionamento do sistema foram levantados dados referentes aos valores de temperatura da entrada e saída de água do sistema e comparados através de gráficos dos valores coletados. As placas confeccionadas através dos ajustes realizados no protótipo não apresentaram vazamentos e o sistema realizou o aquecimento da água conforme a variação da irradiação solar.

Palavras-chave: Aquecimento de água. Placas coletoras. Baixo custo. Controle de temperatura.

ABSTRACT

SOARES, Gabriel N. Solar water heater for a swimming pool with PVC pipes and temperature controller 2012. Leaves 42. Conclusion work (industrial maintenance technology) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

The present study includes the use of clean energy for making a water heating system for a swimming pool, in Medianeira city, in the West region of Parana State. This system was made of PVC pipes because of the low cost of manufacturing, and for being more resistant to the high content of chlorine in the water of the swimming pool. For attending the demand of the water, 6 plates of 1.5m² were made. The system is checked with a manual and automatic control, through the heat controller. For verifying the efficiency of the system performance, data concerning the temperature rates in the entrance and exit of the water system were gotten and compared through graphics of rates collected. The collecting plates, made through setting on the prototype, did not show any leaks, and the system made the heating of the water according to the variation of the sun heat.

Keywords: Water Heating. Collecting plates. Low cost. Temperature control.

LISTA DE ABREVIATURAS

A - ampere
ASBC – aquecedor solar de baixo custo
AWG – American wire gauge
CA - corrente alternada
CC - corrente contínua
Cm – centímetro
DIM - Deutsches Institut für Normung
H – hora
HP - horse power
HZ – hertz
KA - quilo ampere
Kwh - quilo watts hora
L – litro
Ln - corrente nominal
M² - metro quadrado
m³ - metro cúbico
MJ - mega joule
ML - mililitro
Mm - milímetro
Mwh - mega watts hora
NA - normalmente aberto
NF - normalmente fechado
P - página
PP - Dupla camada de policloreto de vinila
PVC - policloreto de vinila
RPM - rotação por minuto
UV - ultra violeta
V - Volt
Vca- volt correte ampere

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Corte dos canos de PVC | 15 |
| Figura 2 – Furando os canos | 15 |
| Figura 3 – Canos de PVC antes da montagem das placas | 16 |
| Figura 4 – Encaixar os canos nos furos | 16 |
| Figura 5 – Amarar do meio da placa para dar resistência | 17 |
| Figura 6 – Preparação da resina | 18 |
| Figura 7 – Distribuição da resina | 18 |
| Figura 8 – Para pintar a placa | 19 |
| Figura 9 – Teste com água | 19 |
| Figura 10 – Detalhe fixação do fundo da placa | 20 |
| Figura 11 – Parte de traz da placa | 20 |
| Figura 12 – Teste da primeira placa | 21 |
| Figura 13 – Máxima leitura de temperatura | 22 |
| Figura 14 – Fixação das placas no telhado | 23 |
| Figura 15 – Sistema instalado | 23 |
| Figura 16 – Sensor | 24 |
| Figura 17 – Sistema de proteção | 25 |
| Figura 18 – Controlador | 26 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 10 |
| 2.1 INSOLAÇÃO NO BRASIL | 11 |
| 3 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE AQUECIMENTO | 12 |
| 3.1 CONTROLADOR DE TEMPERATURA | 12 |
| 3.2 MOTOBOMBA | 12 |
| 3.3 DISJUNTOR..... | 13 |
| 4 MATERIAIS E MÉTODOS | 14 |
| 4.1 DIMENSIONAMENTO E PREPARAÇÃO DAS PLACAS DE CANOS DE PVC.. | 14 |
| 4.2 COMO MANTER AS PEÇAS ENCAIXADAS | 16 |
| 4.3 UTILIZAÇÃO DE RESINA PARA A UNIÃO DAS PEÇAS DE PVC..... | 17 |
| 4.4 PINTURA DAS PLACAS | 19 |
| 4.5 MONTAGEM DO FUNDO DA PLACA | 20 |
| 4.6 INSTALAÇÕES DAS PLACAS PARA TESTES DE FUNCIONAMENTO..... | 23 |
| 4.7 INSTALAÇÕES DO COMANDO ELÉTRICO | 24 |
| 4.8 ENSAIOS DAS PLACAS DE PVC | 26 |
| 4.9 VERIFICANDO ÁREA E VOLUME DE ÁGUA | 27 |
| 5 RESULTADOS OBTIDOS | 29 |
| 6 DIFICULDADES ENCONTRADAS | 34 |
| 7 CONCLUSÃO | 36 |
| REFERÊNCIAS | 37 |
| APÊNDICE(S) A – CUSTO DO PROJETO | 39 |
| APÊNDICE(S) B – DESENHO REPRESENTATIVO DA PISCINA | 41 |

1 INTRODUÇÃO

O mundo moderno está em constante transformação e o ser humano vive em busca das melhores soluções para garantir o seu bem estar, com isso vários pesquisadores dedicam a maior parte de suas pesquisas para encontrarem algumas soluções práticas e econômicas no uso de energias alternativas para essa finalidade. Várias pesquisas e testes são realizados anualmente utilizando aquecedor solar, tanto para o chuveiro ou mesmo para piscinas, que na região sul do Brasil é pouco utilizado, devido à baixa temperatura durante vários meses do ano. Uma das soluções para o melhor aproveitamento das piscinas pode ser resolvido com um pequeno investimento, o qual consiste na utilização de módulos de placas solares fabricadas com canos de PVC (policloreto de vinila).

A incidência dos raios solares na região sul do Brasil é constante e está disponível para todas as pessoas, que devem aprender a utilizar todo esse poder calorífico que ele nos oferece.

A piscina utilizada para os testes de funcionamento das placas solares têm capacidade de aproximadamente 20.000 litros de água e possui uma grande área de contato com o solo, tendo no fundo e na lateral somente uma parede de concreto para a isolação com o solo. Durante o experimento foram montadas seis placas de aquecimento totalizando 9m² de área, e suportam em seu interior aproximadamente 73 litros de água. Ou seja, toda vez que o sensor de temperatura acionar a bomba ira circular nas placas aproximadamente 600 litros de água.

A utilização dos canos de PVC é conveniente, porque, além do valor final das placas serem de custo reduzido em relação a outros materiais, outro fator importante é que no tratamento da água da piscina utiliza-se muito cloro e na tubulação de cobre ou aço galvanizado os mesmos não resistem a esse teor de oxidante por muito tempo.

Confeccionar um sistema de aquecimento de água para piscinas utilizando placas coletoras feitas com canos de PVC para a circulação da água de maneira continua e automática e como fonte de calor a energia solar. Utilização de fonte de energia alternativa no aquecimento da água é eficiente sendo demonstrado através dos gráficos e tabelas os valores referentes às mudanças de temperatura da água na entrada e na saída do sistema.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme Cordeiro, (2011) ao utilizar um protótipo de aquecedor solar feito de materiais recicláveis e montado na região de Curitiba, constatou que após várias leituras durante o dia todas as temperaturas da água foram superiores a temperatura ambiente, mesmo com a diminuição da temperatura externa a temperatura da água se manteve constante.

Segundo Veigh (1977, p. 39) estudos e utilizações de placas para aquecer a água de banho e da cozinha já vêm de muitas décadas, sendo que os principais trabalhos de pesquisa com coletores planos foram realizados em 1947, pelo já falecido professor Harold Heywood.

As ligações dos coletores podem ser realizadas segundo Bezerra (1990) de duas formas série ou paralelo, sendo a ligação em série para aquecer mais a água, sendo possível uma ligação mista série paralelo, usado em grandes volumes de água.

Pode se encontrar comercialmente vários coletores de energia solar, de várias formas e tamanhos, quando adquirido pronto deve-se observar, desde o seu revestimento que deve possuir um elevado poder de absorção dos raios solares e o baixo coeficiente de emissão de raios caloríficos.

Segundo Cometta (1990, p.43) o rendimento ou eficiência de um coletor solar é a relação entre quantidade útil de calor recolhido num dado período e a irradiação total no mesmo tempo.

Outro fator a ser levado em conta na escolha de um sistema de aquecimento utilizando os coletores de painéis solares é seu custo de instalação e manutenção e esse fator deve ser primordial para a escolha adequada do sistema de aquecimento.

O custo da instalação solar pode ser superior ao consumo gasto para outro sistema com isso deve-se compreender a amortização e os juros do capital investido.

As piscinas são bastante utilizadas nas residências dos brasileiros, sendo para aliviar calor nos dias intensos de verão, para o lazer das pessoas ou uma opção para a realização de atividades esportivas. Em Algumas regiões do Brasil onde as temperaturas e o clima seguem as estações do ano o uso das piscinas nas épocas de frio é inviável para o ser humano, sendo que as mesmas são utilizadas

apenas no verão, ou seja, poucos meses durante o ano. Para o uso contínuo é de fundamental importância a instalação de sistemas de aquecimento.

Conforme Adir (1985) o Brasil se estende desde 5° norte até 32° sul, situado em uma região privilegiada em relação a disponibilidade de energia solar, possui a maior extensão territorial entre outros países, conclui-se que é o país que possui maior potencialidade relativa para o aproveitamento da energia solar. Em particular a região nordeste do Brasil possui uma potencialidade máxima para o aproveitamento da energia solar.

2.1 INSOLAÇÃO NO BRASIL

O sistema ASBC (aquecedor solar de baixo custo) tem o mesmo princípio de funcionamento dos sistemas tradicionais de aquecimento solar de água, diferenciando-se devido aos materiais utilizados e pela possibilidade de autoconstrução.

Segundo Vieira, (2006) no Brasil temos uma insolação de 2200 horas e com capacidade equivalente de 15 trilhões de MWh, por ser um país tropical apresenta uma das melhores condições possíveis para aproveitar a energia solar.

Temos em nosso país a incidência solar que vai de 9 KWh/ m²/ dia até 3 KWh/ m²/ dia, e segundo dados do projeto Swera a região sul apresenta 2,5 KWh/ m²/ dia mesmo no inverno e no nordeste mesmo em dias nublados a irradiação solar é de 4,5 KWh/ m²/ dia, sendo que em países com altos investimentos e iniciativas para usar energia limpa os mesmos apresentam um potencial até 5,5 vezes menos que o Brasil e o caso da Alemanha 0,8 KWh/ m²/ dia.

O levantamento feito pelo projeto citado ainda mostra que a potência média registrada no Brasil é de 5 KWh/ m²/ dia que é praticamente a máxima registrada no continente europeu de 5,5 KWh/ m²/ dia.

3 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA DE AQUECIMENTO

Para a montagem do sistema de aquecimento de água, além dos canos de PVC e a Resina utilizada para a fixação dos mesmos, foram utilizados alguns dispositivos de controle e acionamento elétrico bem como uma motobomba para a circulação da água, conforme descrito nos itens subsequentes.

3.1 CONTROLADOR DE TEMPERATURA

Para o controle de temperatura foi utilizado um termostato digital TIC 17 da Full Gauge modelo RGTi, pode ser configurado tanto para aquecimento quanto para refrigeração, sendo que o mesmo possui uma única tecla para ajuste de todas as funções.

Dados técnicos do TIC 17 da Full Gauge:

- A. Alimentação direta 127 ou 220Vac (60Hz) ou 12 - 24Vcc;
- B. Temperatura de controle e de - 50 a 105°C;
- C. Corrente de controle 16 e 8A;
- D. Possui uma saída NA e outra NF;
- E. Funciona na faixa de temperatura de 0 a 50°C e umidade 10 a 90%.

Uma das principais vantagens de se utilizar esse equipamento é que o sistema de acionamento trabalha o dia inteiro, após uma determinada configuração de acionamento e ou de desligamento.

3.2 MOTOBOMBA

A motobomba utilizada durante o sistema de filtragem da água e circulação da mesma é da marca Sibrape série BPFS - 28, possuindo as seguintes características técnicas conforme manual do fabricante:

- A. Tensão monofásica 110/220V;
- B. Rotação de 3450rpm;
- C. Potência de ¼HP;
- D. Vazão de 3,2m³/h;
- E. Possui máximo desempenho com mínimo ruído;
- F. Fabricada em termoplástico à prova de corrosão;

- G. Auto escorvante, retirando automaticamente o ar da tubulação e da mangueira de sucção, possui alto poder de pressão e sucção mesmo instalada acima do nível da água;
- H. Possui pré-filtro com rosca de substituição;
- I. Tampa transparente funcionando como visor;
- J. Rotor em Noryl;
- K. Tubulação de entrada e saída de 50mm;
- L. Ligações de entrada e de saída da água feitas com luvas de união, com 3 graus de ajuste;
- M. Vedação por selo mecânico montado sobre prolongamento do cubo do rotor;
- N. Garante o isolamento completo da energia elétrica.

Uma das vantagens de se utilizar esse tipo de bomba é seu custo de aquisição ser inferior a outros modelos no mercado, sistema de fácil instalação e partida rápida não necessitando de comandos para seu acionamento.

3.3 DISJUNTOR

Segundo norma regulamentadora Brasileira (NBR5410, 1990, p.5) todo circuito elétrico tem que ter uma proteção sobre corrente de sobrecarga, o circuito deve ser protegido por dispositivo que interrompa a corrente caso algumas das fases atinjam valores acima da capacidade de isolação do condutor e do dispositivo de proteção, antes que o tempo de passagem de corrente elevada deteriore o equipamento. No conjunto o disjuntor fica disposto entre o circuito que comanda a bomba. Como o controlador dispõe de um contato auxiliar que suporta 16A, 220V para acionar a bomba, o disjuntor bipolar tem que estar conduzindo, caso a algum imprevisto na partida o mesmo interrompe antes que danifique o contato do sensor.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DIMENSIONAMENTO E PREPARAÇÃO DAS PLACAS DE CANOS DE PVC

Sabendo-se a quantidade de água a ser aquecida são calculados quantos m^2 de coletor será necessário para que seja realizado o aquecimento da água. A indústria utiliza $1m^2$ de coletor para 100 litros de água. No trabalho de pesquisa utiliza-se $1m^2$ de coletor para 2000 litros de água, já que será utilizado em piscina onde o volume de água é grande, não necessitando de altas temperaturas e sim de uma quantidade relativa de água circulando no sistema de aquecimento de maneira forçada através de bombeamento.

Segundo Woelz (1999) para o melhor aproveitamento dos raios solares e para os canos não serem prejudicados com os raios UV os canos das placas devem ser pintados com tinta preto fosco. Sempre lembrando que este coletor pode ser fabricado conforme a sua necessidade com tamanhos adequados para cada tipo de telhado e com isto facilitando a instalação. A indústria utiliza o dimensionamento de $1m^2$ de coletor para 100 litros de água nas regiões com temperatura amena.

Segundo Archibald (2010, p.24) bombeamento de água e a operação em que a energia de uma bomba aplicada em um líquido o mesmo se desloca e escoar entre duas posições. A bomba transforma a energia mecânica que recebe do motor em energia hidráulica de maneira que o líquido absorve em energia potencial de pressão e energia cinética.

Todo o processo de montagem das placas foi realizado no laboratório J-25 (Processos Mecânicos) da UTFPR-MD. Após pesquisa verificou-se que a indústria utiliza $1m^2$ de coletor para 100 litros de água que funciona por termo sifão em um circuito fechado, para o caso de piscinas recomenda-se utilizar o cálculo da área do espelho de água da piscina. Temos as seguintes medidas 7m X 2,85m que corresponde a $20m^2$ de área podendo assim utilizar aproximadamente 1 metro de coletor para $2m^2$ de área da piscina, Com a necessidade de aquecer um grande volume de água que circula de maneira forçada adotamos a utilização de seis placas coletoras com $1,5m^2$ cada, aproveitando assim o tamanho das barras de cano, para economia de material e facilitar manuseio e cada placa é composta por dois pedaços de 98 cm de cano PVC 32mm e 30 pedaços de 149cm de cano 20mm.

Tendo os tamanhos das peças de cano de PVC as mesmas são marcadas, cortadas e furadas, conforme figura 1 e 2.



Figura 1 – Corte dos canos de PVC



Figura 2 – Furando os canos

Após o processo de furação, os canos de PVC passam por um método de limpeza para melhorar a fixação da resina sendo lixadas as pontas dos tubos, e

removida à rebarba dos furos onde os mesmos são encaixados, conforme mostrado na figura 3.



Figura 3 – Canos de PVC antes da montagem das placas

4.2 COMO MANTER AS PEÇAS ENCAIXADAS

Após os furos estarem lixados os canos devem ser encaixados nos orifícios localizados um de cada lado da placa, conforme as distâncias correspondentes paralelas entre si, conforme apresentado na figura 4.



Figura 4 – Encaixar os canos nos furos

Devido à curva característica em todos os canos foi necessário amarrar os mesmos no centro das placas, a figura 5 representa a fixação dos tubos através dos fios de cobre, fazendo uma espécie de separador que deixa os canos todos à mesma distância, mantendo os firmes e facilitando o transporte da placa de um lado para outro para a realização da colagem com a resina.



Figura 5 – Amarar do meio da placa para dar resistência

4.3 UTILIZAÇÃO DE RESINA PARA A UNIÃO DAS PEÇAS DE PVC

Para a união das peças de PVC foi utilizada uma resina de poliéster mais um catalisador, na proporção de 2%, essa proporção pode ser maior ou menor dependendo da utilização como consta no recipiente do produto, quanto mais catalisador na resina mais rápido ela seca. Para facilitar a deposição da resina no conjunto a ser unido com a mesma utilizou-se duas chapas de metal, sendo uma de cada lado, prensando o cano de PVC, fazendo uma forma onde a resina não escorra, ficando uma maior área com deposição de resina. Após esperar 4 horas para a resina secar, desenformar e raspar as quinas que já estão rígidas, mas não ressecadas.

Como a resina e o catalisador reagem muito rápido, a mesma necessita ser preparada aos poucos, após vários testes obteve-se uma mistura perfeita de: 100ml de resina e 25 gotas de catalisador, mexer por 3 minutos, com tempo restante de 1 minuto para ser despejada antes que a mistura comece a reagir e fique coagulada (conforme figuras 6,7).



Figura 6 – Preparação da resina



Figura 7 – Distribuição da resina

Como o tempo para a resina estar totalmente seca é longo foi necessário esperar 24 horas para começar os testes de resistência hidráulica e mecânica, para que não haja vazamentos nas juntas coladas.

4.4 PINTURA DAS PLACAS

Para a pintura utilizou-se tinta acrílico preto fosco, como indica o autor Woelz (1990), sendo que para cada placa com a pintura de fundo foi utilizado 600 ml de tinta diluída em água. A figura 8 apresenta a pintura de uma placa, através de uma pistola a ar para a aplicação da tinta, na qual foram necessárias três demãos de tinta em cada placa para o acabamento final.



Figura 8 – Para pintar a placa

Após a pintura das placas, as mesmas são testadas com água para verificar se não há vazamento nas mesmas, conforme apresentado na figura 9. Quando após os testes de estanqueidade é verificada a vedação incompleta da água.



Figura 9 – Teste com água

4.5 MONTAGEM DO FUNDO DA PLACA

Para a montagem do fundo foi utilizado um placa corrugada de alumínio, ou segundo Woelz (1999) da sociedade do sol, podendo também a mesma ser substituída por embalagens longa vida (tetrapak), isopor, madeira ou uma chapa metálica, mas seja qual for o material o mesmo deve estar pintado com a mesma tinta preto fosco dos canos (a parte de traz não necessita de pintura) o que ajuda a absorver o calor dos raios solares.

Para a fixação do corrugado de alumínio junto da placa usamos um fio de cobre e para que este não cortasse o corrugado de alumínio foram utilizadas fitas de alumínio furadas para passar o fio de cobre fazendo uma espécie de costura entre os canos de PVC, conforme figura 10 e 11.



Figura 10 – Detalhe fixação do fundo da placa



Figura 11 – Parte de traz da placa

Primeiramente foram realizados testes com uma só placa para ver o quanto a resina iria resistir a alta radiação solar, e verificar a eficiência da mesma através de monitoramento de máxima temperatura obtida em um dia de sol sem recirculação de água, para utilizar um produto como a resina na união de peças de PVC foram realizados testes. Para isso foram elaboradas algumas adaptações conforme figura 12, onde se tem uma placa, um tonel de 200 litros que serve de reservatório e alguns pedaços de mangueira para fazer a ligação, uma bomba de máquina de lavar roupa um sensor de temperatura conectado ao controlador para acionar a bomba de água quando atingir temperatura requerida no sensor.



Figura 12 – Teste da primeira placa

Após trocar os parâmetros do controlador várias vezes tudo começou a funcionar com perfeição, como o sol estava escaldante, a água do reservatório aqueceu rapidamente, as leituras de temperatura do sensor já estavam acima das que haviam sido configuradas com isto a bomba trabalhava em ciclo contínuo, como este era um teste de resistência, a primeira temperatura da água chegou a 62°C, conforme figura 13, sem recircular e sendo que temperatura ambiente era de 37°C. Após circular água no sistema no período de quatro horas a temperatura da mesma

no reservatório elevou-se de 27°C natural, para 32° C aquecida, leitura feita com a água homogênea, pois a água quente tende a ficar na superfície.



Figura 13 – Máxima leitura de temperatura

Como os testes com a primeira placa conforme gráfico 1 comprovam o aquecimento da água após seis horas de irradiação solar sobre a mesma e o valor monitorado das temperaturas satisfatórios, construiu-se as outras cinco placas e ao término da montagem das seis placas as mesmas foram levadas até o local a ser instalado.

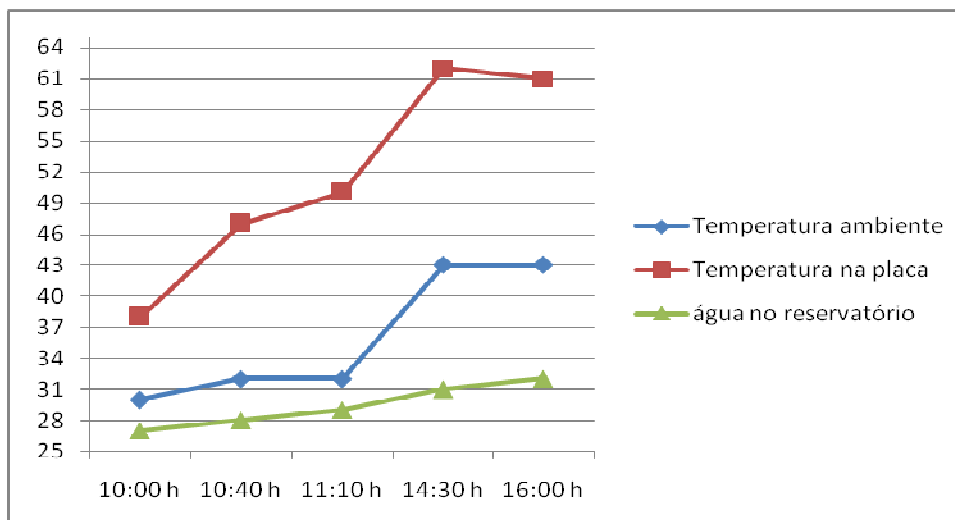


Gráfico 1 – A temperatura da água da placa em relação a temperatura ambiente

4.6 INSTALAÇÕES DAS PLACAS PARA TESTES DE FUNCIONAMENTO

A instalação realizada em uma residência na cidade de Medianeira - PR foi no dia 22/03/2012. Para a instalação das placas foram necessárias três pessoas. As placas foram puxadas para cima do telhado, verificando o melhor local para serem fixadas conforme figura 14.



Figura 14 – Fixação das placas no telhado

As quais foram interligadas uma a outra com luvas de PVC 32mm e cola para cano, após a secagem da cola as placas coletoras são todas amaradas com um fio rígido nas ripas debaixo das telhas, conforme figura 15.



Figura 15 – Sistema instalado

A instalação do sensor é feita furando-se uma tampa de PVC 32mm e fixado o mesmo dentro de uma mangueira com resina conforme figura 16.



Figura 16 – Sensor

Para transmitir o sinal do sensor até o controlador tic 17 utiliza-se o cabo 2 x 24AWG; como gastou-se muito tempo para instalar o sistema e a incidência solar estava amena, algumas configurações do controlador ficaram para serem feitas em outra oportunidade, podendo assim comparar temperaturas para o sistema ficar funcionando. O controlador pode ser configurado na temperatura desejada, um exemplo prático é que a cada semana o usuário pode mudar a configuração para melhor atender sua demanda de funcionamento, dependendo da temperatura ambiente.

Durante a primeira semana a temperatura diminuiu dificultando bastante as leituras de temperaturas para configurar o controlador tic 17. Após alguns dias teve-se o aumento da temperatura, podendo assim configurar o nível de temperatura para acionar a motobomba e o nível temperatura para o desacionamento.

4.7 INSTALAÇÕES DO COMANDO ELÉTRICO

O sistema de proteção do circuito elétrico da motobomba foi montado em uma caixa de PVC e os disjuntores fixados em trilho DIM. O mesmo foi instalado dentro da caixa de passagem dos tubos e filtros de água, conforme apresentado na figura 17.



Figura 17 – Sistema de proteção

A água da piscina precisa ser filtrada constantemente, como o sistema utiliza a bomba e o filtro, em dias nublado ou de chuva as placas não irão aquecer a água o suficiente para o sensor ligar a bomba e filtrar a mesma. Necessitando a instalação de um sistema manual e um automático e para não ocorrer nenhum erro na hora de desligar um disjuntor e acionar o outro, mesmo eles estando identificados, faz-se um junpe com as fases iguais na saída do disjuntor para evitar um curto circuito caso alguém acione os dois ao mesmo tempo. Essa manobra permite a circulação da água pelo filtro em dias em que o sistema não opera automaticamente. Fazendo-se a troca de posições do registro que força a passagem da água nas placas ou recircular na piscina.

A instalação do sistema de controle de temperatura foi realizada separadamente do acionamento da motobomba, sendo que o mesmo foi instalado abaixo do forro da edícula localizada do lado da piscina apresentada na figura 18, esse local foi escolhido por estar mais próximo da placa coletora.



Figura 18 – Controlador

4.8 ENSAIOS DAS PLACAS DE PVC

Segundo manual do fabricante Sibrape a vazão nominal da bomba é de $3,2\text{m}^3/\text{h}$. Levando em conta que a placa está instalada a seis metros de altura sua vazão medida e cronometrada é de $15,9\text{l}/\text{min}$ com base nesses dados temos a vazão média diária de água aquecida, a motobomba trabalha aproximadamente $200\text{min}/\text{dia}$ em que se tem incidência de sol, aquecendo aproximadamente $3184\text{l}/\text{dia}$.

O sensor foi programado para acionar a bomba quando a temperatura na água da placa atingir $33,2^\circ\text{C}$ e retirar a água aquecida até que a temperatura do sensor baixar para 28°C e ai desliga a motobomba, e ste ciclo se repete entre cinco e seis vezes ao dia trabalhando por aproximadamente quarenta minutos cada vez e deixando essa água que circula na placa durante esse tempo a uma temperatura média de $30,32^\circ\text{C}$; quando se atinge a temperatura mínima o controlador mantém desligado o sistema por aproximadamente vinte minutos até a água atingir a temperatura máxima para acionar a motobomba novamente. Sendo que a temperatura medida na água da piscina é de 24°C e a água circulando pelo sistema

de aquecimento chega a piscina com 30°C que tem um ganho de temperatura de 6°C a mais que a temperatura inicial da água.

Contando que em algumas estações do ano os dias são mais curtos e a temperatura ambiente mais baixa o que já diminui bastante a eficiência do sistema de aquecimento. Essa média de leitura foi feita com temperaturas ambiente máxima de 30°C, e mínima de 13°C.

4.9 VERIFICANDO ÁREA E VOLUME DE ÁGUA

Para calcular volume de um cilindro circular com altura h e uma base de raio r e igual ao produto da área da base, πr^2 multiplicado pela altura que é igual a:

$$V = \pi * r^2 * h \quad (1)$$

V- volume

h- comprimento

r-raio

Para o cálculo do volume da placa utiliza-se e fórmula:

$$V = \frac{\pi * d^2}{4} * h \quad (2)$$

V- volume

h- comprimento

d – diâmetro

$$\pi = 3,1415$$

$$V = \frac{3,1415 * 18^2}{4} \quad V = 254,46$$

$$254,46 * 1500 = 381,7$$

$$381,7 * 30$$

11,451ml mais o volume do cano 32mm

$$V = \frac{3,1415 * 30^2}{4} \quad V = 706,85$$

$$706,85 * 1000 = \frac{706850}{2}$$

Descontando-se a área de encaixe dos canos

35342 * 2 como vão duas em cada placa

706,84ml

Somando todas as áreas $11.451 + 0,707 =$

Chegando a um total de 12.158ml por placa multiplicando por seis placas que é o total instalado chega-se a quantia de aproximadamente 73 litros de água no conjunto de placas.

5 RESULTADOS OBTIDOS

Após testes do funcionamento do sistema elétrico. São analisados os valores das temperaturas de circulação de água, no qual foram realizados considerando clima ameno, sendo a temperatura ambiente 28°C e temperatura da água na piscina de 24°C.

As leituras realizadas são apresentadas na tabela 1, sendo que para esse ensaio de funcionamento a motobomba permaneceu ligada durante vinte minutos e os valores coletados foram registrados a cada minuto.

Tabela 1: Leituras das temperaturas realizadas, de minuto em minuto com a motobomba em pleno funcionamento

| Hora | Temperatura da água ao sair da placa | Temperatura da água ao entrar na placa |
|---------|--------------------------------------|--|
| 10:45 h | 33,2°C | 24°C |
| 10:46 h | 33,9°C | 24°C |
| 10:47 h | 35,2°C | 24°C |
| 10:48 h | 34,3°C | 24°C |
| 10:49 h | 33,1°C | 24°C |
| 10:50 h | 32,4°C | 24°C |
| 10:51 h | 31,7°C | 24°C |
| 10:52 h | 31,1°C | 24°C |
| 10:53 h | 30,6°C | 24°C |
| 10:54 h | 30,2°C | 24°C |
| 10:55 h | 29,9°C | 24°C |
| 10:56 h | 29,5°C | 24°C |
| 10:57 h | 29,4°C | 24°C |
| 10:58 h | 29,1°C | 24°C |
| 10:59 h | 29°C | 24°C |
| 11:00 h | 28,9°C | 24°C |
| 11:01 h | 28,8°C | 24°C |
| 11:02 h | 28,7°C | 24°C |
| 11:03 h | 28,7°C | 24°C |
| 11:04 h | 28,6°C | 24°C |
| 11:05 h | 28,5°C | 24°C |

O gráfico 2 apresenta a curva dos valores referentes a variação da temperatura da água na saída das placas durante os testes, os valores apresentados mostram que a temperatura apresenta um valor inicial de 33,2°C e a

mesma após dez minutos possui um valor de 28,9°C, diminuindo gradativamente a temperatura da água.

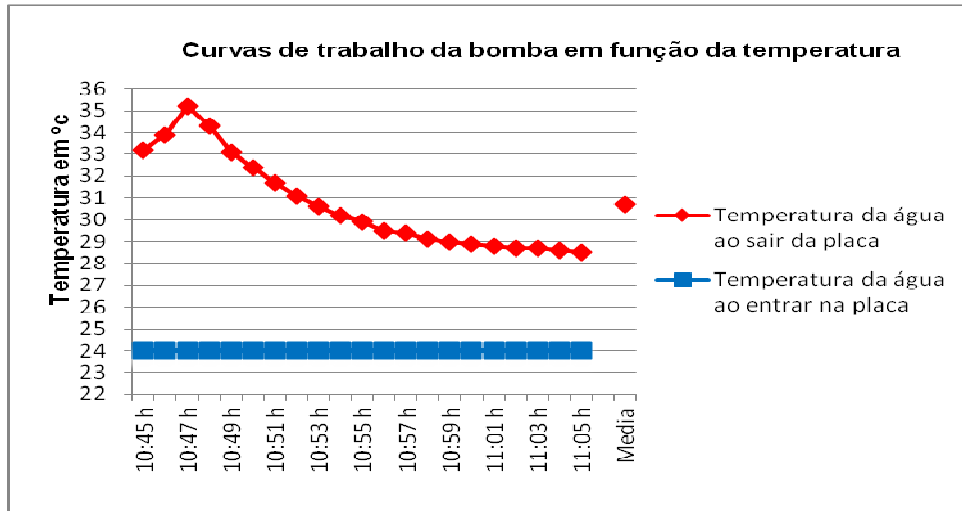


Gráfico 2 – Temperatura da água no tempo de funcionamento da bomba

A tabela 2 apresenta o ciclo de funcionamento da motobomba o qual é registrado de cinco em cinco minutos, o acionamento da motobomba é realizado quando a temperatura da água que passa pelo sistema atinja 33,2°C e desligada quando a mesma atinge 28°C.

Esse ciclo acontece de forma automática fazendo com que a água circule pelo coletor até trocar toda a água e a temperatura decresce conforme valor pré determinado a ponto de desligar o sistema, com o sistema desligado a radiação solar aquecerá a água até atingir a temperatura de acionar novamente o sistema.

Tabela 2: Comparação do tempo gasto para ligar e desligar a motobomba

(Continua)

| Hora | Temperatura da água na placa em °C | Temperatura da água ao entrar placa em °C |
|-------|------------------------------------|---|
| Liga | 33,2°C | 24°C |
| 10:50 | 32,4°C | 24°C |
| 10:55 | 29,9°C | 24°C |
| 11:00 | 28,9°C | 24°C |
| 11:05 | 28,5°C | 24°C |
| 11:10 | 28,2°C | 24°C |

Tabela 2: **Comparação do tempo gasto para ligar e desligar a motobomba**

| Hora | Temperatura da água na placa em °C | (conclusão) |
|---------|------------------------------------|---|
| | | Temperatura da água ao entrar placa em °C |
| 11:15 | 28,3°C | 24°C |
| 11:20 | 28,5°C | 24°C |
| Desliga | 28°C | 24°C |
| 11:30 | 29,5°C | 24°C |
| 11:35 | 31,2°C | 24°C |
| 11:40 | 32,4°C | 24°C |
| Liga | 33,2°C | 24°C |

Segundo dados da tabela 2 construiu-se o gráfico 3 mostrando a curva característica do aquecimento da água nos coletores. Efetuando o acompanhamento logo após o controlador ligar a bomba, sendo monitorado até desligar e após desligar, o sol reflete na placa com a água parada aquecendo-a até atingir a temperatura para acionar novamente o sistema.

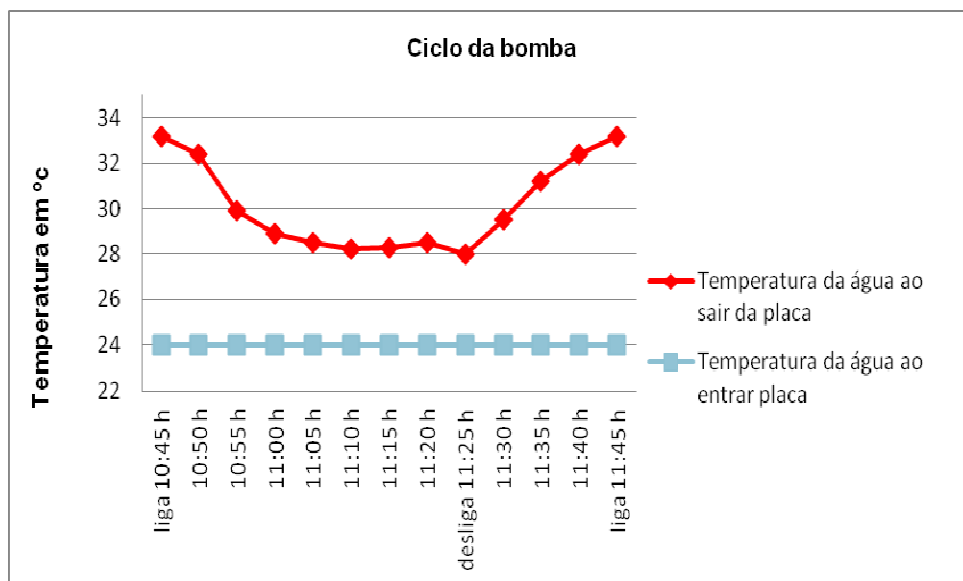


Gráfico 3 – Temperatura em função do tempo

Com um tempo maior de acompanhamento em um dia de sol com temperatura ambiente mínima de 18°C máxima 31°C tem-se as leituras de temperatura em que a água que está no sistema é aquecida após um tempo de insolação sobre os coletores, fazendo assim o controlador operar em ciclos alternados conforme tabela 3.

Tabela 3: Leituras de temperaturas em um ciclo parado e um funcionando

| hora | Temperatura da água ao sair da placa | Temperatura da água ao entrar na placa |
|-------|--------------------------------------|--|
| 09:00 | 25°C | 24°C |
| 09:05 | 25,5°C | 24°C |
| 09:10 | 26,3°C | 24°C |
| 09:15 | 27,1°C | 24°C |
| 09:20 | 28,5°C | 24°C |
| 09:25 | 29°C | 24°C |
| 09:30 | 30,2°C | 24°C |
| 09:35 | 31°C | 24°C |
| 09:40 | 32,2°C | 24°C |
| 09:45 | 33,4°C | 24°C |
| 09:50 | 34°C | 24°C |
| 09:55 | 35,4°C | 24°C |
| 10:00 | 36,1°C | 24°C |
| 10:05 | 35°C | 24°C |
| 10:10 | 34,4°C | 24°C |
| 10:15 | 33,6°C | 24°C |
| 10:20 | 32,5°C | 24°C |
| 10:25 | 31,6°C | 24°C |
| 10:30 | 31°C | 24°C |
| 10:35 | 30,5°C | 24°C |
| 10:40 | 29,9°C | 24°C |
| 10:45 | 29°C | 24°C |
| 10:50 | 29,2°C | 24°C |
| 10:55 | 29,9°C | 24°C |
| 11:00 | 30,8°C | 24°C |
| 11:05 | 31,9°C | 24°C |
| 11:10 | 33,3°C | 24°C |

O gráfico 4 representa o aumento linear da temperatura ao ponto de partida da bomba em função das configurações do controlador, e logo após o início do funcionamento a temperatura começa a baixar linearmente até a temperatura de corte do controlador que comanda o sistema e assim o ciclo se repete, enquanto os raios solares estão aquecendo a placa.

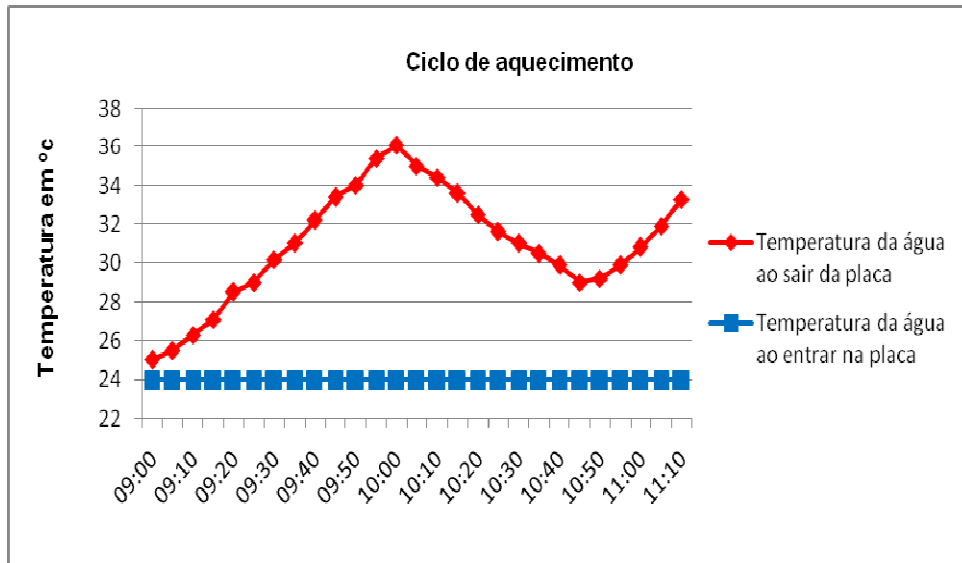


Gráfico 4 – Monitorando a temperatura da água no coletor solar

6 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Durante a realização da confecção e montagem do sistema foram encontradas algumas dificuldades, as quais foram resolvidas através de alguns ajustes durante a montagem do sistema, essas dificuldades estão relacionadas abaixo.

Primeiramente para fixar os canos precisava-se utilizar algum tipo de cola, mas qual a melhor, mais resistente. A mais comum e a cola de cano normal, mas essa não serve para essa aplicação, a mesma é utilizada para a colagem em grandes áreas de contato; já tem pesquisa sobre utilização de Araldite líquida, mas o custo é alto devido a quantidade a ser utilizada; surge a hipótese de se usar resina de poliéster mais catalisador, que é uma mistura utilizada para colar fibra de vidro.

Testes foram feitos com a resina sobre a cola para cano, o resultado não foi muito satisfatório pois ocasionou vazamento, neste caso passou a testar somente a resina com o catalisador, complicado, pois tem que acertar a porcentagem da mistura, quanto mais catalisador mais rápido endurece a primeira mistura demorou muito para secar e a segunda não saiu da vasilha, mas a terceira mistura ficou ideal para a aplicação.

A confecção da primeira placa para testes e de grande importância onde se encontrou muitos problemas, sendo um deles a utilização de resina de poliéster mais catalisador para unir o PVC e resistir a temperatura em que irá ficar disposto por longo período, alguns manuais de construção de coletores solar como Woelz, Urbano e Alano referenciam outro tipo de material, como araldite para unir as peças de um coletor solar, mas após pesquisa de preço e realização de testes com a resina optou-se por utilizar esta, que o valor é baixo e a aderência e eficaz.

Após inserir água na placa e constatou-se três vazamentos de cada lado, os mesmos só ocorreram devido a pressa para unir o outro lado da placa, que só foram descobertos após as mesmas estarem pintadas com tinta preto fosco, após descobrir e marcar os vazamentos os mesmos tem que ser vedados para o sistema funcionar. Para solucionar esse problema a resina na parte onde se encontra o vazamento foi retirada, deixando o vão livre para ser preenchido com resina novamente. Os testes realizados no dia seguinte com a resina seca notou-se que os vazamentos foram vedados.

Após a pintura das partes refeitas com as duas pontas do cano vedadas de modo que se pode encher a placa de água após isso, vedar as outras duas saídas só encaixando as tampas sem cola, o coletor deve ser exposto ao sol para o teste com alta temperatura. Inclínada aproximadamente 30°C ao lado norte, no período em que o sol esteja quente no caso das 10:00 as 17:00 horas, sendo monitorada para teste de resistência da resina no período das 13:30 as 16:00 a temperatura da placa era de 62°C.

Após verificações e testes com a primeira placa foram construídas e testadas as outras cinco placas coletoras para a instalação e teste do conjunto no telhado da residência, próximo a piscina.

As placas coletoras e o sistema de controle funcionaram conforme o esperado, mas nota-se que para o inverno a quantidade de placas não seria o suficiente para o mesmo rendimento, as noites são muito frias o dia muito pequeno, aquecendo pouca água a pouca temperatura. O sistema esta dimensionado com 1m² de coletor para 2m³ de água no inverno esse sistema vai funcionar melhor com 1m² de coletor para 1m³ de água.

7 CONCLUSÃO

O sistema de aquecimento de água com canos de PVC é de fácil confecção e custo baixo, sendo sua eficiência comprovada através da coleta dos dados que estão apresentados nos gráficos (2, 3 e 4) os quais demonstram que todas as leituras da temperatura da água efetuadas na saída das placas coletoras foram superiores as temperaturas de entrada.

Verificou-se que o ganho de temperatura é alto em dias com boa insolação, circulando mais de 3.000l/dia com média de 30°C, para garantir toda essa eficiência em dias do inverno necessita-se de mais 9m² de coletores para manter o sistema funcionando com o mesmo potencial que em dias de verão e circular no sistema maiores volumes de água durante essa estação do ano.

O controlador de temperatura é o elemento fundamental para o bom funcionamento do sistema, através da sua configuração é possível monitorar a temperatura e acionar a bomba de forma automatizada, durante varias vezes ao dia dependendo exclusivamente da temperatura configurada no controlador e da temperatura ambiente.

Este trabalho ajuda a entender que as fontes alternativas de energia são de grande importância, sendo elas limpas e eficientes.

Com o resultado da coleta de dados relata-se um ganho de 50% de temperatura na água que circula no sistema em dias com incidência de sol, podendo esse ganho de temperatura ser ainda maior com o aumento da quantidade de coletores.

REFERÊNCIAS

ABNT- **Instalações elétricas de baixa tensão** NBR 5410. 1990 2ª edição Rio de Janeiro.

Bezerra Arnaldo Moura. **Aplicações praticas da energia solar**. 1990 livraria Nobel S.A.

Cordeiro, Guilherme de A. Ribeiro, Maria de F. raia; suchodolak, Andre.
Disseminação de uma tecnologia de baixo custo para aquecimento de água utilizando energia solar em uma escola da periferia de curitiba-pr.2011. 8 F. artigo engenharia elétrica. UTFPR. disponivel em:
 <nupet.daelt.ct. **utfpr**.edu.br/tcc/engenharia/.../2010_2_12_ **artigo**.pdf> acesso 15 dez.2011, 16:30.

Cometta, Emilio. **Energia solar utilização e empregos práticos** 1990, Hemus.

Franchi Claiton Moro. **Acionamentos elétricos** 3ª edição editora Érica são Paulo 2008.

J.C.Mc Veighe **energia solar introdução as aplicações de energia**. Este livro foi traduzido da edição original com o titulo: SUM POWER – An introdution Do the applications of solar energy, 1977

Luiz adir M **como aproveitar a energia solar**, 1985 editora Edgard blucher ltda.

Sites:

Alano, Jose A. **Manual construção e instalação coletor solar** [S.I.]: vilabol 2006. Disponível em: <<http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>> acesso 15 dez.2011, 10:00.

Araujo Dalva vieira, Henrique Carlos porfiro. **Viabilidade da Energia Solar para Aquecimento da Água na Habitação**. artigo disponível em:
 <http://www.usp.br/fau/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0221/Trabalhos_Finais_2006/Viabilidade_da_Energia_Solar_para_Aquecimento_da_Agua_na_Habitacao.pdf> acesso em 09 de junho 2012 as 13:00 h.

Dantas Frederico. Lucio, Mauricio. **Manual de instalação e manutenção**. editora house ID. 2008. Disponível em: <<http://www.tuma.ind.br/manual.htm>>. acesso em: 15 dez.2011,16:00.

Manual **full gauge controls** copyright 2006 disponível em:
 <<http://www.fullgauge.com.br/PDF/TIC-17RGTi.pdf>> acesso em 20 fevereiro 2012 as 19:00 h.

Sibrape **especificações motobomba:** disponível em <www.acquavale.com.br/default.aspx?prod=sibrape> acesso em 23 de maio 2012 as 14:00 h.

Urbano, Edison. **Aquecedor solar de agua feito com tubos de pvc [S.L.]:** disponível em: <<http://www.supersustentavel.com.br> > acesso 08 dez.2011, 16:00.

Woelz, Augustin T. **Aquecedor solar de baixo custo (ASBC):** uma alternativa custo efetiva.centro incubador da USP 1999. Disponível em: <[HTTP://www.sociedadedosol.org.br/asbconline.html#2.1](http://www.sociedadedosol.org.br/asbconline.html#2.1)> acesso em 10 dez.2011 09:00.

APÊNDICE(S) A – CUSTO DO PROJETO

APÊNDICE A - Quadro 1: Custo com a compra de material para confecção do sistema de aquecimento de água

| | | | |
|-----------------|------------|-----------|-------------------------|
| Cano 20mm | 45 barra | R\$ 6,00 | R\$270,00 |
| Cano 32mm | 2 barra | R\$11,00 | R\$22,00 |
| Tampa PVC 32mm | 4 unidades | R\$1,50 | R\$6,00 |
| Resina | 3 litro | R\$20,00 | R\$60,00 |
| Tinta preta | 2 galão | R\$32,00 | R\$64,00 |
| Termostato | 1 unidade | R\$140,00 | R\$140,00 |
| Serra copo | 1 unidade | R\$30,00 | R\$30,00 |
| Conexões e cola | Vários | R\$45,00 | R\$45,00 |
| Outros | Vários | R\$13 | R\$13,00 |
| | | | Total R\$ 650 |
| | | | m ² R\$72,00 |

APÊNDICE(S) B – DESENHO REPRESENTATIVO DA PISCINA

APÊNDICE B - Desenho representativo de piscina com esquema de ligação entre as placas coletoras e o sistema de bombeamento de água controlado por registros.

