



**PUC GOIÁS**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA AMBIENTAL



**3<sup>rd</sup>**  
INTERNATIONAL WORKSHOP  
ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”



**PUC  
GOIÁS**

# **AVALIAÇÃO DO USO DE MATERIAIS RECICLÁVEIS PARA O AQUECIMENTO DE ÁGUA EM PISCINAS**

Diego Vieira Borges Pereira

Antônio Pasqualetto

Oyana Rodrigues dos Santos

# 1 INTRODUÇÃO

**O Crescimento populacional e os processos de mecanização** estão aumentando a necessidade do uso de energia elétrica.

No Brasil, 90 % da **energia elétrica** é obtida de **usinas hidroelétricas**, que requerem inundação de extensas áreas por água e causam impactos ambientais significativos.

**A energia solar** é uma fonte alternativa de energia, abundante e disponível em todo o globo terrestre e constitui um potencial energético renovável e inesgotável na escala humana sendo ainda uma forma de energia limpa e susceptível de inúmeras aplicações (BEZERRA, 1982).

## 2 OBJETIVOS

**Este trabalho tem por objetivo avaliar o benefício ambiental, econômico e a eficiência de aquecedor solar feito a partir de garrafas PET e caixas tetra Pak, para o aquecimento de água em piscinas de propriedade rural.**

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O **sol** é fonte de energia renovável e abundante em nosso planeta, o aproveitamento desta energia tanto como fonte de calor quanto de luz, é uma das alternativas energéticas mais promissoras do novo milênio (AMBIENTEBRASIL, 2009).

De acordo com Araújo (2004), **para cada m<sup>2</sup> de coletor solar instalado evita-se a inundação de 56 metros quadrados de terras férteis**, na construção de novas usinas hidrelétricas.

Uma parte do milionésimo de energia solar que Brasil recebe por ano

- 54% do petróleo nacional
- 2 x energia obtida com o carvão mineral
- 4 x a energia gerada no mesmo período por uma usina hidrelétrica

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 IMPACTOS DAS GARRAFAS PET E EMBALAGENS LONGA VIDA NO AMBIENTE

No Brasil, **53% das embalagens de garrafas PET** produzidas, **não são reaproveitadas**. Com isso, elas acabam contaminando rios, indo para lixões ou mesmo espalhadas por terrenos vazios, além de causar enchentes nos rios (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2007).

A **embalagem longa vida** é usada para armazenar líquidos alimentícios: leite e derivados, sucos, massa de tomate e outros. No Brasil, **apenas 26.6% são recicladas**. A grande desvantagem do uso deste tipo de embalagem refere-se à sua deposição final em aterros sanitários (CEMPRE, 2010).

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

**Aquecedor solar feito a partir de materiais recicláveis, reduz os custos de implantação e os impactos causados no meio ambiente.**

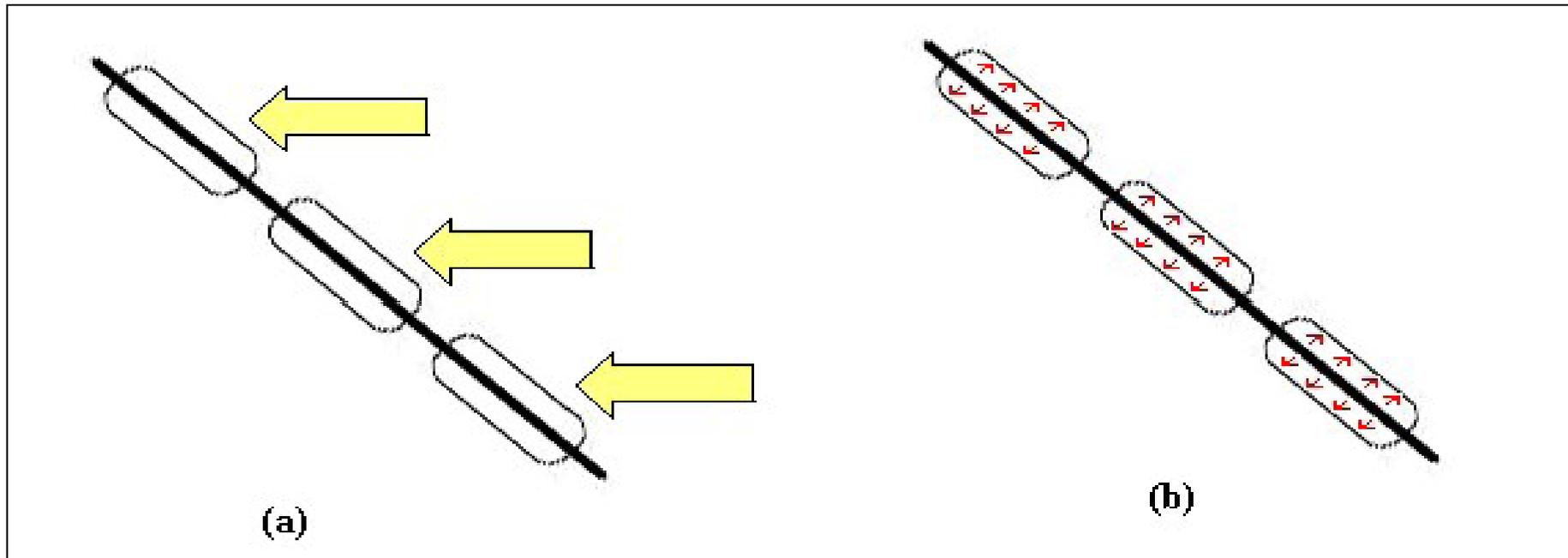


Figura 1 – em (a) os raios solares incidem sobre as garrafas PET e (b) mostra a retenção da parcela de infravermelho dentro da garrafa, fazendo-a armazenar calor temporariamente (FAZFACIL, 2009).

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (Cont...)

### 3.1 FUNCIONAMENTO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

O funcionamento de um sistema de aquecimento solar depende fundamentalmente da qualidade das placas coletoras e do correto dimensionamento de seu número. (NOGUEIRA, DOMINGUES, 2007).

São aspectos a serem observados:

- **Latitude do local**; Qto + próximo equador > RS
- **Inexistência de sombras projetadas sobre as placas**; árvores, casas
- **Orientação do coletor**; Perpendicular a trajetória do sol (preferencialmente Norte)
- **Inclinação do coletor**; Perpendicular à altura solar média ao meio dia (latitude do local + 15 graus)

# 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA (Cont...)

## 3.2 AQUECIMENTO DE ÁGUA EM PISCINAS



a



b

Figura 1. Tipos de aquecimento utilizados em piscinas. Em a) Trocador de calor: e b) Aquecedor solar do tipo circulação forçada.

# 4 METODOLOGIA

**Este trabalho foi realizado em propriedade rural localizada no município de Varjão - GO, coordenadas 17°8'18"S, 49°39'44"O.**

## **ETAPA 1**

**- Revisão bibliográfica.**

## **ETAPA 2**

**- Visitou-se empresas e casas com o sistema de aquecedor solar.**

**Estimativa valor para aquecer piscina 60m<sup>3</sup> (50mx10mx1,2m)**

## **ETAPA 3**

**- Aquisição e preparo dos materiais recicláveis.**

## 4 METODOLOGIA ( Cont...)

### **ETAPA 4**

- Montagem das placas do aquecedor solar.

2450 garrafas Pet e 2100 caixas Tetra Pak

### **ETAPA 5**

- Operação e funcionamento. Motobomba e termosensor

### **ETAPA 6**

- Coleta de dados. Temperatura ambiente e da água

### **ETAPA 7**

- Resultados, avaliações, conclusões e recomendações.

**Características avaliadas no projeto de sistema de aquecimento de água por meio de energia solar:**

- a) Radiação solar incidente.**
- b) Temperatura ambiente e temperatura da água.**
- c) Capacidade do reservatório de armazenamento de água.**
- d) Rendimento do sistema.**

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### a) RADIAÇÃO SOLAR INCIDENTE

Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Ângulo igual a latitude	17 ° N	4,87	4,83	5,12	5,22	5,44	5,36	5,82	5,94	5,07	5,09	4,82	4,87	5,20
Maior média anual	19 ° N	4,81	4,79	5,10	5,24	5,50	5,45	5,91	5,99	5,07	5,05	4,76	4,80	5,21

Tabela 1 - Radiação diária média mensal [kWh/m<sup>2</sup>.dia] (CRESESB, 2010).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

### b) TEMPERATURA AMBIENTE E TEMPERATURA DA ÁGUA

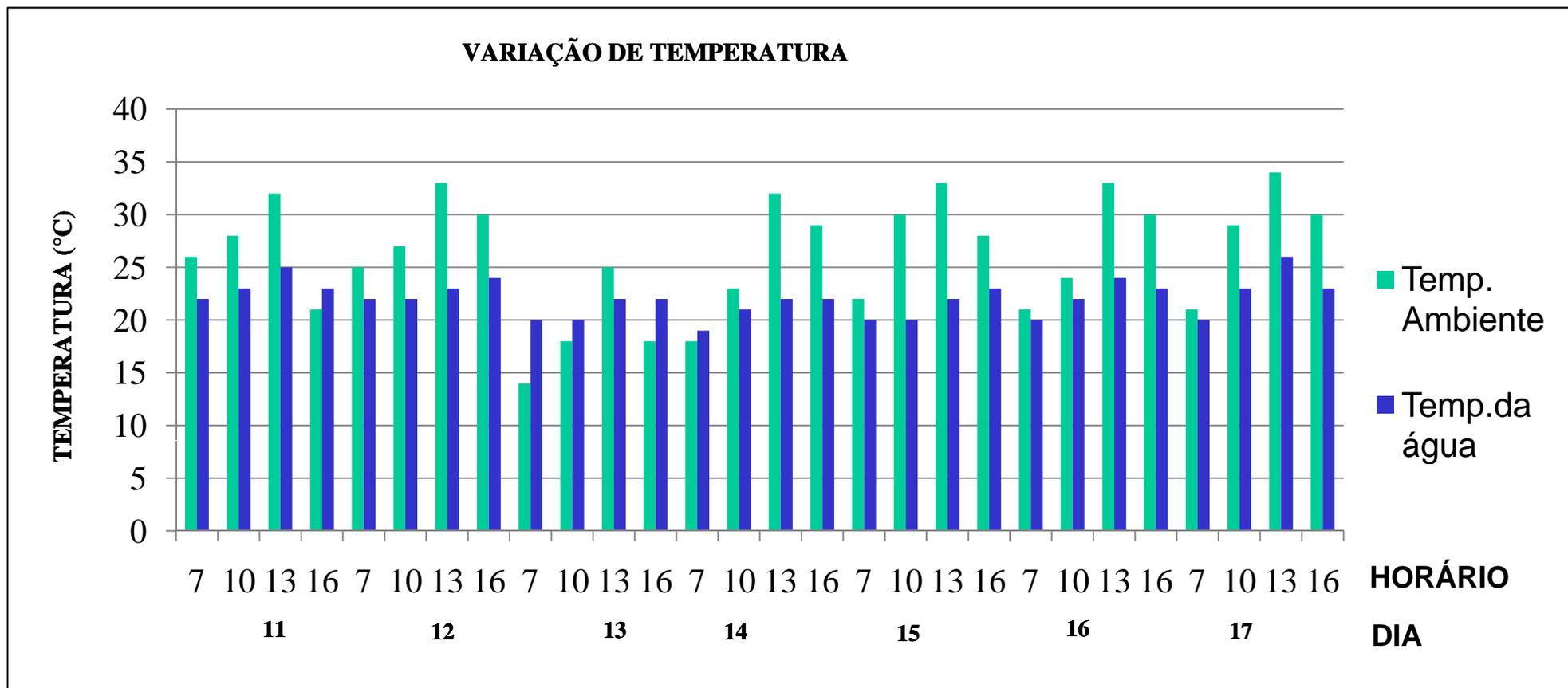


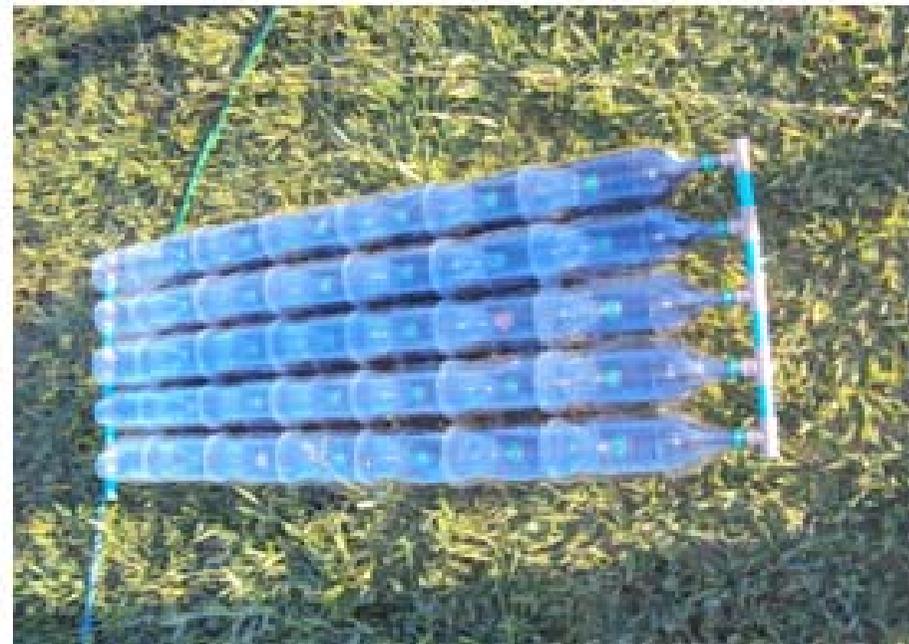
Figura 2 – Temperatura ambiente (°C) e temperatura da água (°C) de piscina em propriedade rural no município de Varjão - GO, no período de 11 a 17 de Maio de 2010.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

### 5.1 MONTAGEM DOS COLETORES



a



b

Figura 4. Vista de um coletor solar montado numa propriedade rural, Varjão - GO; a) Coletor solar acabando de ser montado; b) Coletor solar no local de montagem dos painéis solares.

# 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

## 5.2 INSTALAÇÃO DOS COLETORES



a



b

Figura 5. Vista dos painéis montados numa propriedade rural no município de Varjão-GO; a) Vista lateral esquerda dos painéis montados; b) Vista lateral direita dos painéis montados

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

### 5.3 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA



a



b

Figura 6. Vista da moto-bomba, termossensor e capa térmica utilizados em piscina de propriedade rural no município de Varjão-GO; a) Moto-bomba e termossensor; b) Capa térmica do reservatório.

# 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

## 5.4 AVALIAÇÕES

### 5.4.1 TEMPERATURA AMBIENTE E TEMPERATURA DA ÁGUA

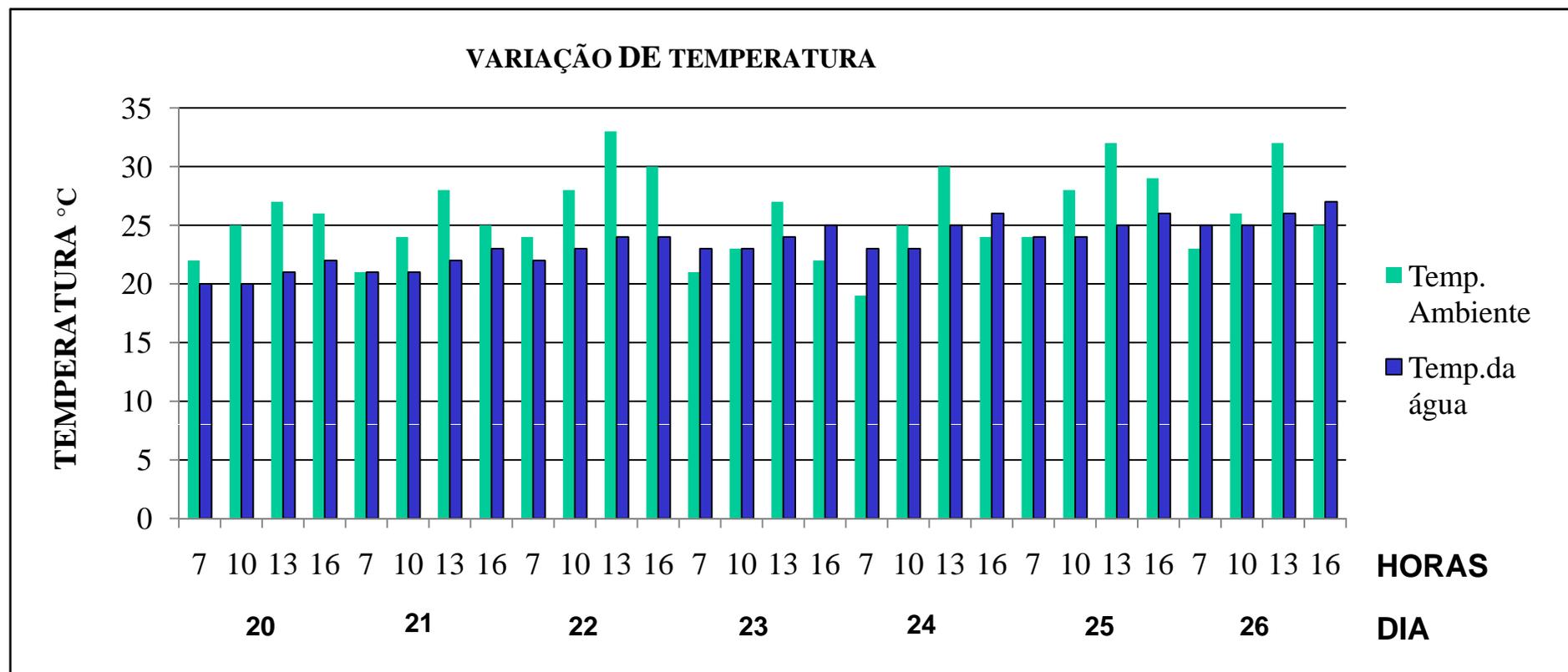


Figura 3 – Temperatura ambiente (°C) e temperatura da água (°C) de piscina em propriedade rural no município de Varjão - GO, no período de 20 a 26 de Maio de 2010.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

### 5.4.2 RENDIMENTO DO SISTEMA

Dos resultados obtidos, percebe-se que após implantação do sistema de aquecimento solar, a temperatura da água no reservatório elevou em média 1 °C por dia, considerando as perdas de calor com o ambiente. A partir desses dados calculou-se a eficiência do coletores e obteve-se 28 % de rendimento.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES (Cont...)

### 5.4.3 COMPARAÇÃO DE CUSTOS

<b>Tipo de aquecedor</b>	<b>Custo de implantação (R\$)</b>	<b>Custo de manutenção anual (R\$)</b>	<b>Total (R\$)</b>
Aquecedor solar com materiais recicláveis	R\$ 2.900,00	R\$ 100,00	R\$ 3.000,00
Aquecedor solar industrial	R\$ 6.000,00	R\$ 100,00	R\$ 6.100,00
Aquecedor elétrico (Bomba de Calor)	R\$ 11.100,00	R\$ 1.770,00	R\$ 12.870,00

Tabela 3 – Custo de aquecimento de água para uma piscina com área superficial de 50 m<sup>2</sup>.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

**A energia solar é uma fonte promissora no Brasil, devido aos índices de radiação solar diária, não causa impactos ao meio ambiente, e minimizam os impactos ambientais com a construção de novas usinas hidrelétricas.**

**A construção de coletor solar com materiais recicláveis, diminuiu os custos de implantação em até 4 vezes e obteve um rendimento de 28 %.**

**Recomenda-se um estudo aprofundado sobre as perdas de calor no reservatório, a fim de obter melhores resultados na eficiência do sistema solar no local em estudo.**

## 6. REFERÊNCIAS

Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB. *Potencial Energético Solar – Sun Data*. Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acessado em: 02/09/2009.

COIMBRA, N. et al. *Eficiência Térmica de Coletor Solar de Baixo Custo*. Relatório de trabalho de conclusão. Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Escola de Engenharia - UFRGS, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://143.54.70.55/pss/medterm/20081/coletor%20solar%20baixo%20custo.pdf>>. Acesso em: 15/05/2010.

NOGUEIRA, C., DOMINGUES, T. *Aquecedor solar com material reciclável: um desafio a ser vencido*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Sergipe, Lagarto – SE, 2007. Disponível em <[http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080104\\_085619\\_INDU-014.pdf](http://www.redenet.edu.br/publicacoes/arquivos/20080104_085619_INDU-014.pdf)>. Acesso em: 17/05/2010.

PALZ, W. *Energia solar e fontes alternativas*. São Paulo. Hemus livraria e Editora Ltda, 1981.

SILVA, G. *Avaliação ambiental dos benefícios da utilização da energia solar*. Pontifícia Universidade Católica de Goiás – PUC, 2009. Disponível em <[http://www.ucg.br/ucg/prograd/graduacao/home/secao.asp?id\\_secao=1896&id\\_unidade=36](http://www.ucg.br/ucg/prograd/graduacao/home/secao.asp?id_secao=1896&id_unidade=36)>. Acesso em: 10/03/2010.

O  
B  
R  
I  
G  
A  
D  
O



**PUC** GOIÁS