

Alf. ...
sup. ...

Michaque Moisés Mungoi

Aproveitamento térmico de energia solar

Licenciatura em Ensino de Física

Universidade Pedagógica
Delegação da Beira.

2011

Michaque Moisés Mungoi

Análise da eficiência térmica do Aquecedor solar de água construído com material reciclado

Monografia científica apresentado ao Departamento de Ciências Naturais e Matemática, Curso de Física, Delegação da Beira, para a obtenção do grau académico de Licenciatura em Ensino de Física, sob orientação do Supervisor Mestre Alfiado Vitorino Chau e do co-supervisor dr. Bazilio Zeloso Tamela

Universidade Pedagógica
Delegação da Beira.

Conteúdo	pág.
Dedicatória.....	I
Agradecimentos.....	II
Declaração de Honra.....	III
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	IV
LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS.....	V
LISTA DE E GRÁFICOSp.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VII
Resumo.....	VIII
CAPITULO I.....	9
1.1. INTRODUÇÃO.....	9
1.2. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	10
1.3. JUSTIFICATIVA.....	10
1.4. PROBLEMATIZAÇÃO.....	12
1.5. HIPÓTESES.....	13
1.6. OBJECTIVOS.....	14
Geral:.....	14
Específicos.....	14
CAPITULO II.....	15
2. REVISÃO BIBLOGRÁFICA.....	15
2.1 Conceitos básicos.....	16
2.1.1. Radiação Solar.....	16
2.2.2. Radiação no Topo da Atmosfera.....	18
2.2.3. Radiação global.....	20

CAPITULO III	27
3. METODOLOGIA E MATERIAL	27
3.1. Construção e Funcionamento do ASCMR	27
3.3. TÉCNICA DE COLECTA E ANÁLISE DE DADOS	33
CAPITULO IV	38
4. RESULTADOS E DISCUÇÃO	38
CAPITULO V	48
5.1. CONCLUSÕES	48
5.2. LIMITAÇÕES	49
5.3. RECOMENDAÇÕES	49
5.4. SUGESTÕES	50
BIBLIOGRAFIA	51

* ACTUAL, PERTINENTE
 * ENUNCIADO → REDUZIR O ~~DE~~ CONSUMO EXCESSIVO DOS RECURSOS DE BOMBA
 * ~~ESTRATÉGIA~~ ESTRATÉGIA VISANDO "LUCRO" A CHAMADA CRISE ENERGÉTICA
 REDUZIR A DEPENDÊNCIA DA POPULAÇÃO EM RELAÇÃO AOS CONSUMIDORES FÓRMIS (CARBÃO,
 LENHA, GÁS E PETRÓLEO)
 * UM ESTUDO/TE É NECESSÁRIO/NER DEFINITIVO/CONTÉM VENTILAR ESTE
 CERTAS IMPRECISÕES → A OBTERIÇÃO PROPOSTA Q O W SE SUBST
 DO Q ANALISAR PELA RESPOSTA JUNI.

Bzim, 30/09/011

Dedicatória

Dedico este trabalho, a todos os que me apoiaram durante a minha formação académica e em especial a minha família que nunca me abandona em todas etapas da minha vida.

Agradecimentos

À Deus ser supremo pelo ânimo, saúde intelectual, física e espiritual para efectivação deste trabalho.

Ao meu supervisor mestre Alfiado Vitorino Chau que incansavelmente orientou-me, com as críticas sugestivas e seus ensinamentos na realização deste trabalho.

Ao dr. Basilio Zeloso Tamele na qualidade de co-supervisor pela orientação atenta e cuidadosa do dia-a-dia do trabalho e pelas tantas valiosas discussões que tornaram possível este trabalho.

Ao dr. Daniel Químico que na qualidade de delegado do INAM-GAZA forneceu-me dados de insolação e ajudou-me também na determinação da radiação solar global.

Ao dr. Nordino Mungoi que como primeiro irmão licenciado incentivou-me para engrenar esta pesquisa e mostrou os caminhos mais iluminados na vida académica.

Aos meus pais Moisés Mungoi e Cecília Neves e meus irmãos Gil, Olímpia, Hortência, Nordino, Artimiza, Xadrique Ângela, Dulcia, e Silvestres Moisés mungoi que me tem dado atenção e carinho em toda minha vida.

Aos meus amigos e colegas Edumundo Brito, José Malate, Momade Chau Sofia Augusto Omar, que também deram me força e incentivo para efectivação deste trabalho e que juntos quer seja sobre o sol e sobre a chuva fomos colocando pedra a pedra até terminar o curso.

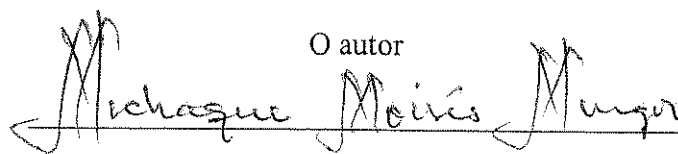
Para estes e outros que directa e ou indirectamente contribuíram para a materialização deste trabalho, os meus francos e cordiais agradecimentos.

Declaração de Honra

Declaro que a presente Monografia Científica é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para obtenção de qualquer outro grau académico.

Beira, ----- de-----de 20--

O autor

(Michaque Moisés Mungoi)

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ASACMR – Aquecedor Solar de Água Construído com Material Reciclado

Ag.Qnt/5dia – Água quente por cinco dias

carv/5dia– Carvão por cinco dias

DPA-GAZA - Direcção Provincial de Agricultura de Gaza

INE – Instituto Nacional de Estatística

Qu/5dias– Quantidade de energia útil por cinco dias

Qfcv– Quantidade de energia fornecida por cinco dias

a e *b* são coeficientes de regressão

A_c : área total do colector (m²);

C_p : calor específico da água KJ/kg.°K;

P_{Cv} Poder calorífico de carvão l KJ/kg.°K

dn - dia Juliano e varia de 1 a 365;

G_{sc} - constante solar W/m²;

G é radiação global; KJ

G_0 radiação solar média incidente no plano inclinado KJ

m_{H_2O} massa de água a ser aquecida; Kg

m_{CV} - massa do combustível (lenha ou carvão), Kg

n é insolação real, medida pelo instrumento h

N é a insolação astronómica h

Q_{abs} : quantidade de calor absorvido pelo colector KJ

Q_u : quantidade de energia útil KJ

T_s : temperatura de saída (água quente) no colector °K

T_e : temperatura de entrada (água fria) no colector °K

ΔT variação da temperaturas, final e inicial de água °K

Símbolos gregos

α_p absorptividade da placa colectora; τ_v transmissividade de calor no interior de vidro plastico

ϕ - Latitude dum lugar; η Eficiência –

ω_x - Ângulo horário;

δ - Declinação dos raios solares que varia de -23.5° a +23.5°

LISTA DE FIGURAS

pág.

Fig. 1: Espectro electromagnético da radiação solar no topo da atmosfera	16
Fig. 2: Atenuação que a radiação solar sofre da atmosfera	19
Fig. 3: Mecanismos de transferência de calor no colector solar	23
Fig. 4: Disposição de termopares no colector solar	35
Fig. 5: Pirómetro de Epley PSP	36
Fig. 6: Heliógrafo de Campbel-Stokes	36
38	

LISTA DE E GRÁFICOS	pág.
Gráfico 1 Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 15.06.11	40
Gráfico 2: Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 17.06.11.	41
Gráfico 3: Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 18.06.11.	42
Gráfico 4: Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 23.06.11.	43
Gráfico 5: Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 17.06.11:	44
Gráfico 6: Balanço da energia durante 5 dias de medição.	46

LISTA DE TABELAS	pág
Tab. 1 Propriedades ópticas do principal material do colector solar	29
Tab. 2: Resultados experimentais do dia 15 de Julho de 2011	39
Tab. 3 Eficiência térmica do colector solar diante 5 dias de medições.	45
Tab. 4: Consumo de carvão e água quente durante 5 dias	47

Resumo

Uma das alternativas para diminuir o consumo excessivo de carvão vegetal no aquecimento de água para o banho será popularizar o uso de energia solar. Com o intuito de contribuir para o estudo de ASBC, o presente trabalho apresenta a análise da viabilidade da implantação do aquecedor solar de água, confeccionado com garrafas *peps* e caixas de sumo, como alternativa para redução do consumo excessivo de carvão vegetal. Para isso, fez-se a medição do ganho de temperatura do fluido após passar pelo colector. Montando-se para medição de temperatura do fluido, dois termopares tipo K, um na entrada do colector e outra na saída, conectados a um multímetro. A radiação usada para cada dia foi determinada com base na equação de Angstrom. Os resultados encontrados mostram uma eficiência térmica média 23% durante cinco dias concluindo que o ASACMR aquece 30% da água aquecida pelo carvão vegetal, e economiza por dia 30% do valor gasto na compra de carvão usado para aquecer água do banho.

Palavras-chave: Colector solar, carvão vegetal, Temperatura e Eficiência térmica.

CAPITULO I

1.1. INTRODUÇÃO

Na natureza o Homem é provido de diversas fontes de energias (renováveis e não renováveis) cujo aproveitamento diverge para muitas e diferentes áreas úteis para o seu sustento, como por exemplo *hídrica* para iluminação das casas; *sol* para aquecimento de água e secagem de alimentos; *Biomassa* para cozimento de alimentos; *eólica* para electrificação e; *gás* (foice) para mover carros e cozedura de alimentos.

O aproveitamento da energia proveniente do Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais prometedoras para enfrentarmos os desafios da vida.

Uma das formas de utilização da energia solar é *Energia Solar Fototérmica* cujo seu aproveitamento consiste em usar um dispositivo que quando exposto à radiação solar, consegue absorver maior porção desta, sob forma de calor, sendo que o maior rendimento dessa forma de energia implica saber captá-la e armazená-la.

Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar fototérmica são conhecidos como *coletores solares*. Desta forma, este trabalho dedica-se à construção e análise de um protótipo de um aquecedor solar de água com base em material de fácil acesso, como alternativa para reduzir o consumo excessivo de carvão vegetal.

De salientar que o protótipo construído possui uma área de cerca de 0.567m^2 e, determinou-se o seu rendimento térmico. Por outro lado determinou-se o rendimento térmico do fogão a carvão vegetal de uma família em no que diz respeito ao consumo do combustível. Por fim fez-se a comparação entre este e o colector solar.

1.2. DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho dedica-se ao estudo das energias renováveis, em particular ao aproveitamento térmico da energia solar para o aquecimento da água. São abordados os conceitos de insolação solar; calor e seus mecanismos de transferência; temperatura, rendimento de colector solar, rendimento do carvão vegetal, sendo que estes dois últimos os que vão determinar a eficiência térmica de cada dispositivo.

É de realçar que este projecto será materializado na província de Gaza, Distrito de Xai-Xai, no bairro Ndambine 2000 em duas residências, com 4 membros da família num período de 15 dias do 2011.

1.3. JUSTIFICATIVA

”As energias renováveis em particular são e serão a chave para desenvolvimento no futuro” (CUAMBA; 2008) pois a sua exploração, distribuição e consumo não tem efeitos ambientais negativos, relativamente às não renováveis. Nesta vertente *“Moçambique aposta nas energias limpas e renováveis para assegurar um desenvolvimento económico e social sustentável e garantir a eficiência energética sobretudo nas zonas rurais onde vive a maioria dos moçambicanos sem acesso a corrente Eléctrica”* (Maputo, 15 Set. AIM).

Devido ao alto custo da electricidade e carvão vegetal em Moçambique, a preocupação é de buscar-se cada vez mais formas alternativas da utilização de energia, e com isso também surge a necessidade de tornar estas fontes alternativas mais baratas e acessíveis ao Homem.

Na resposta a esta preocupação no Brasil por exemplo, José Alano *construiu com material reciclado um aquecedor solar de água para casas de banho*¹, e que já está sendo usada por mais de 200 famílias. Entretanto Esta forma alternativa de aproveitamento da energia solar ainda não está sendo usufruída em Moçambique.

Em algumas zonas rurais e quase todas suburbanas do País, o carvão e a lenha são os únicos recursos usados para todos quase todas actividades, como por exemplo no funcionamento dos electrodomésticos., mover ou parar objectos, aquecer ou esfriar. Porém a obtenção destes

¹ <http://josealcinoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>

Aproveitamento térmico da energia solar

recursos para além de destruir florestas e conseqüentemente provocar danos para o meio ambiente é uma tarefa difícil, pois, é preciso percorrer longas distâncias (nas comunidades rurais) e é de custos elevados para quem tem a única alternativa.

Um dos factos que o autor viveu e conviveu desde a infância em zonas quer urbanas (Xai-Xai, Beira) como suburbanas (bairro Ndambine) e rurais(Chidenguele) é o uso de lenha e carvão para diversos fins, dos quais há que salientar aquecer água para o banho.

A nível de Província de Gaza em 1997 cerca de 97,7% da população usava combustível lenhoso para cozinha e em 2003 a percentagem de decresceu em 0,55 esta percentagem é muito menor para aquilo que é desejado e no ano 2007 em cerca de 252752 agregados familiares entrevistados pelo INE, 16270, usam lenha e carvão.INE² (). Este valor mostra que o uso de combustível lenhoso é excessivo. Conquanto poderia se trocar esta fonte por outra não poluente e menos caras.

De acordo com o levantamento estatístico feito pela (DPA-GAZA)³ em Janeiro de 2011 o número de sacos vendidos em cada estaleiro de venda de carvão vegetal na cidade de Xai-Xai, vendidos nos (*arredores da mesma*)⁴ verificou-se que a maior parte das famílias usa o carvão e lenha e a outra pequena parte usa corrente eléctrica e /ou gás da cozinha.

Nos postos de venda de carvão por onde o autor passou e tem comprado, o preço do saco por exemplo custa 350mt, este valor equivale a 15,21% do salário mínimo no nosso País. E Tomando como referência a variação média de preços dos produtos básicos para o consumo doméstico "o País registou em 2010 um agravamento em aumento de preços, face a 2009, na ordem dos 12,70%". INE⁵ (2010).

Portanto esta percentagem de saco de carvão implica um desequilíbrio enorme na economia residencial. Dai que para o autor há necessidade de utilizar energia solar como energia que é limpa e menos cara. *Alias Os projectos propostos, devem estar centrados em acções viradas para a geração de renda e com modelos que adoptem tecnologias que poupem energia*

² Estatísticas do Distrito de Cidade De Xai-Xai 2008 PDF

³ Direcção Provincial de Agricultura de Gaza

⁴ Considera-se zonas urbanas

⁵ Instituto Nacional de Estatística

Aproveitamento térmico da energia solar

para a economia doméstica e que permitam a redução do impacto ambiental negativo do uso tradicional do carvão vegetal (Maputo, 15 Set. AIM).

Aliado ao parágrafo supracitado, o presente projecto Pretende dar uma modesta contribuição no sentido de avaliar a viabilidade de uso de aquecedor solar de água como fonte alternativa de substituição do consumo excessivo de carvão vegetal. Nisto a que salientar que o aquecedor solar de água como forma de aproveitamento da energia solar apresenta maiores vantagens tais como:

Permite a geração de energia no mesmo local de consumo; não polui durante seu uso; os colectores solares são a cada dia mais potentes ao mesmo tempo que seu custo vem decaindo. Isso torna cada vez mais a energia solar uma solução economicamente viável.

Em Moçambique cuja latitude é de $10^{\circ}.27'$ e $26^{\circ}.52'$ Sul e Meridianos $30^{\circ}.12'$ e $40^{\circ}51'$ Longitude Este, a utilização da energia solar poderá ser viável em praticamente todo o território dado que o maior aproveitamento da energia solar nas diminui do equador para as zonas polares.

Portanto esta posição de Moçambique na esfera terrestre e com uma área de cerca de $799,380\text{Km}^2$ permite receber por ano cerca de $(11,151\text{MW}/\text{m}^2)$ de energia solar, e com constantes subidas de preços de combustível lenhoso e outros, a implementação do aquecedor solar de água a partir de energia solar vai ser um benefício para as comunidades suburbanas dado que estas mais usam combustível lenhoso para diversos fins residências comparativamente com as urbanas

1.4. PROBLEMATIZAÇÃO

Energias renováveis são energias relativamente limpas e inesgotáveis que causam menos danos para a saúde humana. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia ou seja as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol.

Do mesmo modo, Martim et all. (2004), Sustenta que a radiação solar é a fonte primária de energia responsável por todos fenómenos e processos (físicos químicos e biológicos), observados na natureza. Ora se o sol é responsável por isto tudo e que fornece, a Terra

anualmente energia radiante a um regime de cerca de $173.10^{15}W$. De que formas podemos aproveitar com maior rendimento esta radiação solar?

Por um lado nos deparamos com a realidade da maior parte da população residente nas zonas rurais e suburbanas usar o carvão e/ou lenha e por outro lado sabe-se que o País sofre subidas de preços nos quais o carvão, a lenha e energia eléctrica são também abrangidos factos estes, concorrentes para o elevado custo de vida, causa eliminação de espécies florestais, concorrendo para problemas de erosão/desertificação/ emissão de gases do efeito estufa (especialmente o CO₂) durante a combustão e mudanças climáticas (aquecimento global). Mais ainda o uso excessivo de lenha e carvão, devido a emissão de gases poluentes causa problemas de saúde humana. *De que maneira pode-se usufruir da energia limpa e menos poluente, de modo a garantir boa saúde par o Homem?*

Respondidas as questões acima colocados pelo José Alano ao construir no Brasil um dispositivo capaz de garantir energia limpa, barata ao mesmo tempo trazer benefícios para economia doméstica com base no material reciclado chamado *aquecedor solar de água*. Ainda surge a seguinte questão

Ate que ponto o aquecedor solar de água pode reduzir o consumo excessivo de combustível lenhoso (carvão).

1.5. HIPÓTESES

Diante desta questão o autor propõe as seguintes possíveis soluções:

- O aquecedor solar de água poderá substituir completamente uso excessivo de combustível lenhoso (carvão vegetal);
- A energia aproveitada pelo ASACMR é maior a energia aproveitada pelo carvão vegetal;
- O uso de carvão vegetal, poderá ser mais oneroso em relação ao aquecedor solar de água.

1.6. OBJECTIVOS**Geral:**

- Analisar com base num protótipo produzido com material reciclado, a viabilidade da implementação do aquecedor solar de água como alternativa para reduzir o consumo excessivo de carvão vegetal.

Específicos

- Projectar e Construir um modelo de aquecedor solar da água para com base em material reciclado (garrafas plásticas de PEPSI cartões de sumo e de leite);
- Determinar a eficiência térmica do ASACMR
- Determinar a eficiência térmica do carvão vegetal.
- Comparar a eficiência do ASACMR com a do fogão a carvão vegetal com base no custo e no tempo.

CAPITULO II

2. REVISÃO BIBLOGRÁFICA

O aproveitamento da energia solar pelo homem data desde os primórdios da humanidade. Segundo Fraidenraich e Lyra (1995)⁶, (citados por Niemeyer 2006) no século III a.C. já eram construídos espelhos parabólicos. Em meados de 1767, surgiram os primeiros equipamentos no que diz respeito ao aquecimento solar de água quando o naturalista suíço Horácio de Saussure, construiu e testou diversos colectores solares, chamados caixas quentes solares, estes colectores atingiam a temperatura de até 101°C.

Raymond Degrolard, um inventor francês desenvolveu em 1984, um colector solar feito totalmente de plásticos transparentes, destinado a aquecer piscinas ou reservatórios de água flutuando sobre líquido a ser aquecido. A cobertura plástica é soldada a placa absorvedora e assim é inchada ou inflada promovendo o efeito estufa apenas na parte superior do colector. (NIEMEYER 2006)

Uma simulação computacional de colector solar foi apresentada por Soares (2004)⁷ em seu projecto de graduação na Universidade de Brasília, seu programa apresentava resultados importantes quanto a energia absorvida, temperatura final da água e eficiência do equipamento permitido ainda comparar os dados da saída entre diferentes materiais utilizados. (NIEMEYER 2006)

Em 2004, José Alcino Alano e Família constroem e instalam aquecedor solar feito com Garrafas plásticas recicladas cujo, objectivo era de contribuir na redução da degradação meio ambiente, trazer benefícios sociais e ainda ajudar na economia da família.

Em 2009 Rómulo (2006) construiu e testou o colector solar plano inflável no seu trabalho de graduação na Universidade Técnica, e encontrou a eficiência máxima de 55% usando o modelo desenvolvido por Soares 2004.

No presente trabalho, construímos e analisamos um protótipo de um colector solar plano para aquecimento de água. Assim, apresentamos resultados importantes quanto a energia absorvida, temperatura final da água e eficiência do ASACMR, para além de fazermos uma

⁶ FRADEINRAICH, Naum; LYRA, Francisco, *Energia Solar*; Universidade da UFPE; 1995

⁷ SOARES, Gustavo A. *Projecto de colector solar*; Brasil 2004

comparação da eficiência deste com a de um fogão a carvão vegetal, tomando como base o tempo gasto para aquecer a água e o combustível gasto (custo).

2.1 Conceitos básicos

2.1.1. Radiação Solar

A radiação solar é explicada como sendo energia emitida pelo sol, nesta emissão a radiação solar propaga-se com a velocidade constante da luz ($c=3.10^8$ m/s) a uma frequência (f) e o comprimento de onda (λ) podendo-se observar aspectos ondulatórios e corpusculares.

É ainda caracterizado por espectro de radiação electromagnética subdividido em três regiões principais em função do comprimento de onda UV (ultravioleta) 7% 96 W/m² VIS (visível) 47% 642 W/m² IV (infravermelho) 46% 629 W/m².FG.1

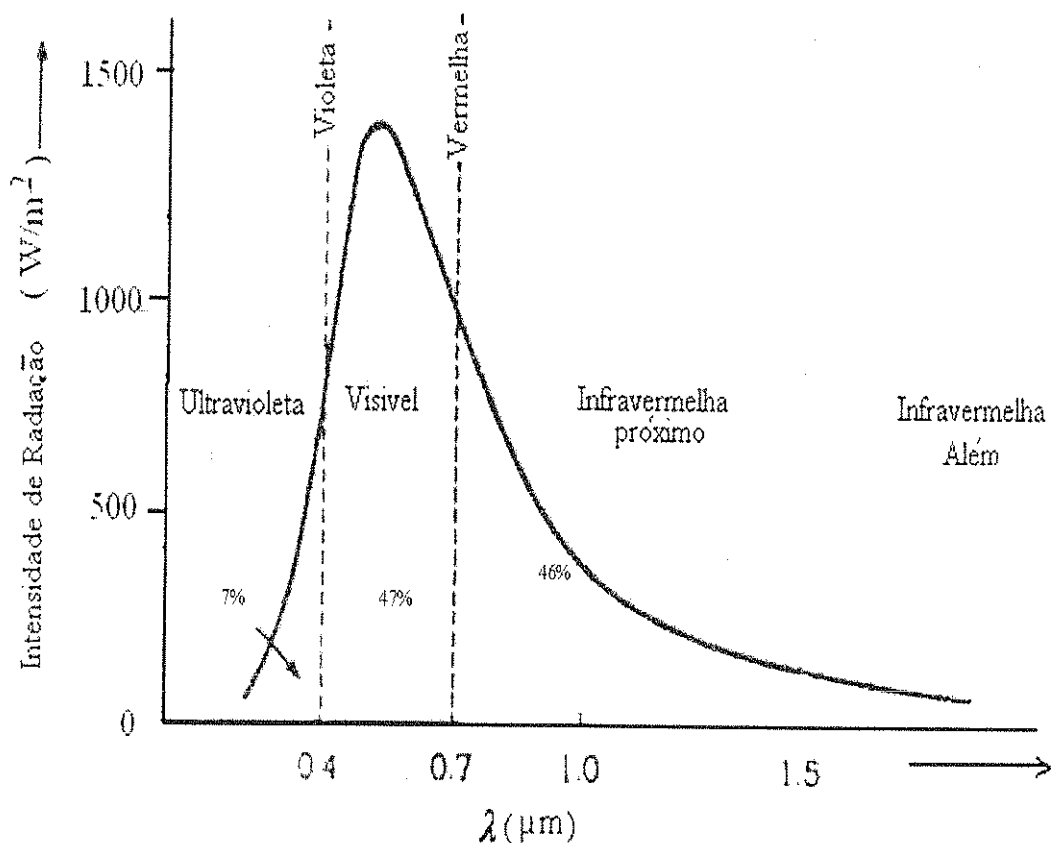


Fig. 7: Espectro electromagnético da radiação solar no topo da atmosfera, (Cunha, 1977). Citado pelo Basílio Tamela

Ângulos solares: (*declinação, latitude, ângulo horário, ângulo zenital*)

Ângulo azimute (γ)

É chamado de ângulo azimute da superfície, ao ângulo que representa o desvio no plano horizontal da placa em relação à rosa-dos-ventos, sendo zero na direcção sul, negativo para o leste e positivo para o oeste. Neste caso com valor de 180° , pois a placa aponta para o norte;

Declinação solar (δ)

Define-se declinação como o ângulo entre a direcção da radiação solar e o plano do Equador:

Este ângulo varia de 23.5° em 21 Junho a -23.5° em 21 de Dezembro,

Assumindo que a órbita da Terra é circular e também dependendo do número de ordem (d_n) do dia (Klein, 1977), a declinação pode ser calculada pela equação de Cooper (1969) segundo (DÉBORA 2009).

$$\delta = 23.45 \times \text{sen} \left(360 \times \frac{284 + d_n}{365} \right) \quad (\text{eq. 1})$$

Onde d_n é o dia juliano que varia de 1 a 365 para um ano normal e, de 1 a 366 no caso de um ano bissexto.

Ângulo horário (ω)

Ângulo horário, referente ao deslocamento do sol em relação ao meridiano local devido à rotação da Terra em torno do seu próprio eixo, sendo de 15° por hora com o zero ao meio-dia, negativo pela manhã e positivo à tarde. Pode ser calculado usando a equação 2, na qual ϕ é a latitude do lugar.

$$w = \ar \cos \left[-\text{artg}(\delta) \times \text{artg}(\phi) \right] \quad \text{Eq. 2}$$

O comprimento total do dia em que o sol esteve acima do horizonte num determinado dia, N é dado pela seguinte expressão: apresentada pelo (DUFFIE BECKMAN (1980)

$$N = \frac{2}{15} w \quad \text{Eq. 3}$$

2.2.2. Radiação no Topo da Atmosfera

A radiação solar que incide no topo da atmosfera é conhecida por Radiação Solar Extra-Terrestre. Segundo Duffie Beckman (1980)⁸, citado por Débora Abrahão Siqueira (2009) a radiação extraterrestre é dada pela fórmula:

$$G_0 = \frac{243600 G_{sc}}{\pi} \left[1 + 0.033 \left(\cos \left(\frac{360}{365} d_n \right) \right) \right] \left[\cos(\delta) \times \cos(\phi) \times \cos(\omega_x) + \frac{2\pi\omega_x}{360} \times \text{sen}(\phi) \times \text{sen}(\delta) \right] \quad (\text{eq. 4})$$

Onde: G_{sc} - é a constante solar

d_n - dia Juliano e varia de 1 a 365;

ϕ Latitude dum lugar, que para o caso de Xai-Xai é igual a 25.75°S

ω_x - Ângulo horário;

δ - Declinação solar já definida acima.

2.2.2.1. Constante solar

Fraidenraich e Lyra (1995)⁹, define constante solar como a quantidade de energia (ou irradiação) que incide em uma superfície unitária, normal aos raios solares, por unidade de tempo, em uma região situada no topo da atmosfera e, o seu valor é aproximadamente igual a 1367W/m². (NIEMEYER 2006)

Apesar de essa região estar fora da superfície terrestre, é a partir dela que se baseia a análise da intensidade de radiação solar recebida nela.

2.2.2.2. Processo de atenuação da radiação pela atmosfera

Embora a atmosfera seja muito transparente à radiação solar incidente, somente em torno de 25% penetra directamente na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera, constituindo a *insolação directa*. A radiação solar antes de atingir a superfície terrestre é atenuada pela atmosfera sob três processos.

a). *Espalhamento*

⁸ DUFFIE, John A; BECKMAN, William; *Solar Engineering of thermal Process* New York 1980

⁹ FRADENRAICH, Naum; LYRA, Francisco, *Energia Solar*, Universidade da UFPE;1995

Aproveitamento térmico da energia solar

Apesar da radiação solar incidir em linha recta, os gases e aerossóis podem causar seu espalhamento, dispersando-a em todas as direcções, *para cima, para baixo e para os lados* de acordo com tamanho das moléculas de gás ou aerossóis. 26% é espalhada até atingir a superfície terrestre constituindo a *insolação difusa*. O restante é ou reflectido de volta para o espaço ou absorvido ou espalhado em volta até atingir a superfície da Terra e retornar ao Espaço reflexão.

b). A *reflexão* ocorre na interface entre dois meios diferentes, quando parte da radiação que atinge esta interface é enviada de volta. Nesta interface o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (lei da reflexão). Aproximadamente 30% da energia solar é reflectida de volta para o espaço como mostra FG. 2

c). Absorção

O espalhamento e a reflexão simplesmente mudam a direcção da radiação mas, através da *absorção*, a radiação é convertida em calor, quando uma molécula de gás absorve radiação, esta energia é transformada em movimento molecular interno, detectável como aumento de temperatura, na FG. 2 Mostra-se que cerca de 19% da radiação é absorvida pelas nuvens e poeiras.

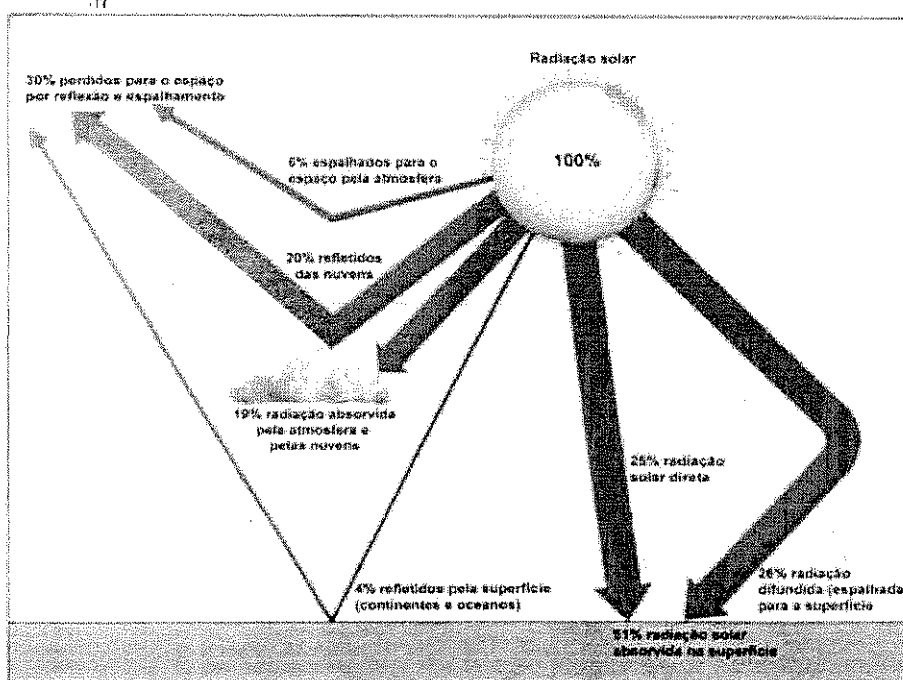


Fig. 2. Atenuação que a radiação solar sofre da atmosfera

<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-10.html>

2.2.3. Radiação global

A radiação global é toda radiação que atinge a superfície da terrestre e depende da duração do dia solar, da radiação extra-terrestre, de da radiação directa e difusa, como mostra a *figura 2* o somatório da radiação difusa e da radiação directa resulta na radiação global. Um dos aparelhos que medem a radiação solar são o *pireliómetro* e *piarómetro* cujo primeiro mede a radiação directa e o outro a radiação difusa. Falaremos destes no próximo capítulo.

Segundo Funari e Tarifa (1984) na falta de instrumentos de medição, a radiação global pode ser determinada pela seguinte expressão:

$$G = G_0 \left(a + b \frac{n}{N} \right) \quad (\text{eq. 5})$$

Conhecida como modelo ou equação de Ångström para o cálculo da radiação solar global com base na insolação.

Onde: G é a radiação solar total ou global que incide sobre uma superfície plana horizontal da Terra; a e b são coeficientes de regressão que dependem das condições climáticas do local; n é insolação real, medida pelo instrumento e N é a insolação astronómica ou seja é o comprimento total do dia em que o sol esteve acima do horizonte num determinado dia.

De acordo com a classificação de Koppen (1970), as regiões norte e costeira de Moçambique apresentam um clima tropical de savana daí que as constantes a e b valem 0.24 e 0.48, respectivamente (QUISSICO, 1995). O presente trabalho foi realizado na cidade de xai-xai, uma zona costeira, daí que assumimos que o clima é tropical de savana e, usamos os valores acima para as constantes a e b .

Insolação

Define-se insolação como sendo o número de horas de brilho solar (Varejão-Silva, 2005), ou seja, o período do dia em que o sol encontra-se descoberto. Porém, em aplicações energéticas, considera-se insolação como sendo a energia total fornecida pelo sol numa superfície horizontal num determinado período, isto é, a irradiação solar num determinado período.

2.3 APROVEITAMENTO DA ENERGIA SOLAR

A energia proveniente do sol, pode ser captada e transformada em alguma forma utilizável pelo homem, seja directamente para aquecimento de água e preparação de alimentos, ou ainda como energia eléctrica através de células fotovoltaicas ou também em energia mecânica.

Por outro lado, pode ser usada de forma indirecta, por exemplo, pode ser convertida em calor e posteriormente com base em tecnologias apropriada produzir-se corrente eléctrica. Desta forma, os métodos de conversão da energia solar são classificados em directos e indirectos.:

A **conversão directa**, significa que há apenas uma transformação para fazer da energia solar um tipo de energia utilizável pelo homem. Exemplos: A energia solar atinge uma *célula fotovoltaica* criando electricidade; A energia solar atinge uma *superfície escura* e é transformada em calor, que aquecerá uma quantidade de água e, este princípio é muito utilizado em aquecedores solares este que será descrito mais adiante.

A **conversão indirecta** significa a conversão necessita de mais de uma transformação para que surja energia utilizável. Exemplo: Sistemas que controlam automaticamente cortinas, de acordo com a disponibilidade de luz do Sol; produção de electricidade com base em concentradores solares, primeiro capta-se a energia solar e transforma-se em calor, de seguida faz se circular um fluido que quando aquecido produz-se um vapor e, por sua vez o vapor será usado para girar uma turbina acoplada a um alternador e assim consegue-se ter electricidade.

Para o presente trabalho importa discutir a conversão térmica da energia solar com base em colectores solares planos.

Colector solar é uma componente do sistema de aquecimento de água, promove a conversão da radiação solar, transferindo o fluxo da energia proveniente da energia solar incidente para o fluido a ser aquecido.

A maioria dos colectores solares planos consiste em 5 componentes: uma ou duas coberturas de vidro ou plástico; uma placa metálica preta absorvedora; Tubos de circulação do fluido ligados na superfície absorvedora; um isolador térmico geralmente para reduzir as perdas térmicas e uma placa de base de suporte do colector.

A quantidade de energia absorvida na superfície absorvedora é determinante para a quantidade de energia útil obtida e depende das características da superfície e da quantidade de radiação que a atinge.

2.3. Mecanismos de Transferência de Calor

Na natureza existem três mecanismos conhecidos para transferência de calor: radiação, condução e convecção.

A Radiação consiste na transferência de calor entre dois meios sob forma de ondas electromagnéticas, viajando com a velocidade da luz. Esta ocorre no vácuo e, é a principal forma pela qual o sistema Terra-Atmosfera recebe energia do Sol e libera energia para o espaço¹⁰. *Um exemplo concreto é quando sentimos frio e aproximamo-nos de uma lareira ou ligamos um aquecedor eléctrico, depois de algum tempo sentimos um aquecimento sem que haja contacto entre o nosso corpo e a chama da lareira ou superfície do fogão.*

No caso de um colector solar plano, a energia proveniente do sol chega até este através da radiação, assim como o calor gerado dentro do colector, caso não esteja correctamente isolado pode ser perdido para o ambiente também por radiação (ver fig.II-3).

A condução ocorre dentro de uma substância ou entre substâncias que estão em contacto físico directo. O calor flui da região de temperaturas mais altas (moléculas com maior energia cinética) para as de temperaturas mais baixas (moléculas com menor energia cinética) *Exemplo, se aquecer uma extremidade de uma barra metálica com a outra extremidade na mão, passado algum tempo passará a sentir um aquecimento. Isto porque o metal ser um condutor térmico, possui electrões livres que ao ser aquecidas ganham energia cinética, passando a deslocar no sentido daqueles menos aquecidos e transmiti-los calor.*

No caso concreto de um colector solar plano, uma vez a superfície absorvedora e os tubos contendo água aquecidos, estes transmitem esse calor à água, e assim conseguimos ter água quente (ver fig. II-3).

A convecção somente ocorre em líquidos e gases. Consiste na transferência de calor dentro dum fluído através de movimentos do próprio fluído, ela ocorre como consequência de

¹⁰ <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-10.html>

Aproveitamento térmico da energia solar

diferenças na densidade do fluido em diferentes pontos como consequência da diferença de temperatura (fonte).

Dum modo geral, a água quente é menos densa que a água fria de modo que a água fria, ocupa o espaço de baixo (ou desce) e força a mais quente (menos densa) a subir. *Exemplo, a saída de água das placas para o reservatório.*

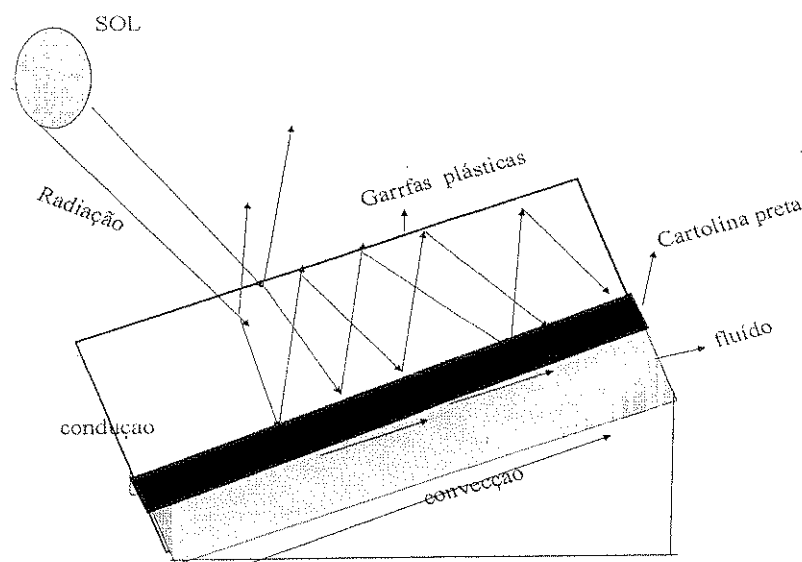


Fig. 3: Mecanismos de transferência de calor no coletor solar

2.5. Determinação dos Parâmetros que Espelham Eficiência térmico do ASCMR

Para o estudo de eficiência térmica do aquecedor solar de água a baixo custo, o coletor solar é a parte central que é analisada. Dai que no presente estudo está centrado na análise do rendimento térmico do coletor solar e suas características. Os melhores parâmetros que caracterizam a eficiência térmica de um coletor solar são coeficiente global de perdas, potencia perdida e o rendimento térmico.

As perdas de calor podem ocorrer quando há troca de calor entre o coletor solar e o ambiente circundante. Estas podem ser por condução, radiação ou convecção. O resultado do somatório de todas essas perdas designa-se por energia total perdida, geralmente representa-se pelo coeficiente global de perdas (U_p).

Quantidade de Energia Útil

A quantidade de energia útil é definida como sendo a potência transferida pelo fluido ou é a energia que é transformada em térmica de modo que é aproveitada Duffie e Beckman, (1980) e pode ser calculada pela seguinte equação.

$$Q_u = m_{H_2O} \times C_{p_{H_2O}} \times (T_{sc} - T_{ec}) \quad \text{Eq. 6}$$

Onde:

- ▶ m : massa de água a ser aquecida (kg);
- ▶ C_p : calor específico da água (kJ/kg.°K);
- ▶ T_s : temperatura de saída (água quente) (°K);
- ▶ T_e : temperatura de entrada (água fria) (°K).
- ▶ Q_u : Quantidade de energia Útil

Quantidade de energia absorvida (Q_{abs})

A quantidade de energia calor que teoricamente é transferida para o colector é função da radiação solar (G_o) e da área total de colector (A_c) e das propriedades ópticas do colector, dada pela equação 8, de acordo com (DUFFIE e BECKMAN, 1980).

$$Q_{abs} = \tau_{vp} \times \alpha_p \times G \times A_c \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

- ▶ Q_{abs} : quantidade de energia (KJ);
- ▶ G_o radiação solar média incidente no plano inclinado (KJ);
- ▶ A_c : área total do colector (m²);
- ▶ α_p absorvidade da placa colectora;
- ▶ τ_v transmissividade de calor no interior de vidro plástico

A quantidade de energia perdida pelo colector para o ambiente pode ser obtida, subtraindo a eq.8 da eq.7, resultando.

$$Q_p = Q_{abs} - Q_u \quad \text{Eq. 8}$$

Rendimento do colector solar

A eficiência dos equipamentos para conversão da energia solar em calor de baixa temperatura depende de uma série de condições meteorológicas e de temperatura do fluido no interior do equipamento.

Sendo assim, não se pode definir a eficiência (ou rendimento) como um número fixo independente destas variáveis para diferentes regiões. Desta forma, o rendimento de um colector solar plano é determinado a partir da equação 10 segundo Marinovski (2005).

$$\eta = \frac{\int Q_u dt}{A_c \int G dt} \quad \text{Eq. 9}$$

$$\eta = \frac{Q_u}{G \times A_c} \quad \text{Eq. 10}$$

Em que:

- ▶ η : rendimento do colector solar
- ▶ G radiação global
- ▶ A_c área do colector solar
- ▶ Q_u : Quantidade de energia Útil

Eficiência térmica do carvão vegetal

A eficiência é definida como a razão entre a quantidade de energia ganha no processo em questão e a quantidade de energia (química, eléctrica, etc.) fornecida ao aparelho. Os processos usuais na cozinha são o aquecimento, e a cozedura.

Para simplificar, no presente projecto limitamo-nos em estudar um processo mais frequente nos hábitos da comunidade moçambicana que é o aquecimento de um líquido (água para o banho). Entretanto para a medição da eficiência térmica do carvão a algumas dificuldades decorrentes em indefinição no início e no fim da combustão, sendo preferível medir a eficiência global (aquecimento) e inferir a eficiência de aquecimento a partir da quantidade de carvão consumida por dia e a quantidade de água que este aquece.

A equação para o cálculo do rendimento é

Aproveitamento térmico da energia solar

$$\eta = \frac{Q_U}{Q_{fcv}} \quad \text{Eq. 11}$$

Ou seja

$$\eta = \frac{m_{H_2O} \times C_{p_{H_2O}} \times (T_f - T_i)}{m_{cv} \times P_{c_{cv}}} \quad \text{Eq. 12}$$

- ▶ CP calor específico de água (KJ/kg°K)
- ▶ m_{H_2O} massa de água (kg)
- ▶ T_s : temperatura de saída (água quente) (°K);
- ▶ T_e : temperatura de entrada (água fria) (°K).
- ▶ P_{cv} poder calorífico de combustível. (KJ/kg)
- ▶ m_{cv} - massa do carvão,(kg)

CAPITULO III

3. METODOLOGIA E MATERIAL

A pesquisa apresenta um questionário dirigido a 2 famílias com quatro membros de cada família no bairro Ndambine-2000 cita nos arredores da cidade de Xai-Xai. De referir que a escolha das famílias não foi aleatória pelo que tinha que ser nas famílias de baixa renda. Este questionário destina-se a trazer informações reais do consumo excessivo de carvão vegetal e do impacto que este tem na economia doméstica.

Todavia a análise do rendimento térmico de carvão vegetal e a montagem do ASA junto com a análise do rendimento térmico foram feitas em casa do pesquisador.

Pesquisa bibliografia: leitura e análise de informações já existentes sobre tipos de energias e seu aproveitamento. Busca de informações sobre o aquecedor solar, e o consumo de energias por tipo na província e no País. Leitura e interpretação de conceitos envolvidos no tema.

Experimental: Depois da construção e montagem do aquecedor solar, seguirá a sua instalação em que primeiro fará se a projecção geográfica de acordo com a latitude lembrando que o ASA deve estar orientado para o norte geográfico.

3.1. Construção e Funcionamento do ASCMR

O aquecedor solar apresentado neste projecto é o mais simples possível, foi montado utilizando todos os passos indicados na figura do apêndice 1.

Ele se constitui basicamente de uma placa de madeira, sobre a qual estende-se colector solar, que se liga a duas extremidades de um reservatório isolado termicamente do meio ambiente.

Nesta etapa da pesquisa, o colector deve estar necessariamente em sua posição ideal, aproveitando plenamente a trajectória virtual do Sol, ou seja, a Norte, em nosso hemisfério, ou a Sul no hemisfério Norte apenas as diversas inclinações em função de variações de latitude sendo apresentadas.

O material utilizado para a montagem do protótipo são:

- ▶ *Canos ou tubos de PVC;*
- ▶ *Garrafas de PEPS vazias;*
- ▶ *Cartolinas de sumo pintadas com tinta fosca preta*
- ▶ *Placa suporte de madeira de 1,20 X 0,80 metros;*
- ▶ *Uma chapa de zinco para sobrepor o colector*
- ▶ *Dois Reservatórios, um de cinco litros, outro de 10 litros;*
- ▶ *Tinta fosca preta*
- ▶ *Serradura que separa dois reservatórios um no interior do outro.*

Características do Material Principal Usado no Colector Solar

a). Garrafas plásticas transparentes

O as garrafas plasticas em uma estufa permite a entrada de radiação de onda curta, que é absorvida pelos objetos no interior (cartolinas de sumo, PVC). Entretanto estes objetos reirradiam, mas em ondas longas, para as quais o vidro é quase opaco e o calor, portanto, é retido na estufa.

A condutividade térmica do vidro plástico é: $k = 1,0 \text{ W}/(\text{m.K})$;

Assim como acontece com a radiação global, a radiação solar também ao atingir a superfície de vidro plástico sofre três alterações que são a *reflexão, transmissão e absorção cuja interacção entre elas para todos os materiais é dado pela relação: $100\% = \alpha + \tau + \rho$* , destes é importante neste trabalho apenas focar a transmissividade.

b). Superfície absorvedora

A superfície absorvedora é praticamente composta por (Cartolina de sumo pintado a preto fosco) e tubos de circulação de água (PVC).

A superfície absorvedora foi construída com base em caixas tetra pak, que possuem a seguinte composição química, 5% de alumínio, 20% de polietileno, e 75% de celulose, o que dificulta sua colecta como apenas papel. Portanto exige-se equipamentos especiais na separação de tais materiais, estas cartolinas pintadas a preto passam a comportar-se quase que um corpo negro.

c). Tubos de circulação da água

Para a circulação da água no colector, foram usados os tubos PVC. Estes possuem exibem uma maior absorptividade, e são feitos com base no cloreto de Polvinila (PVC) e Apresenta as seguintes características segundo,

É quimicamente inerente; É impermeável a gases e líquidos; É resistente a tempestades (sol, ventos, chuvas);É um isolador térmico eléctrico mantém as suas propriedades por longo tempo; durável com a vida útil por mais de 50 anos apresenta a condutibilidade térmica de 0,15 a 0,21W/mK, índice de refração de 1,57

Apesar de as propriedades demonstrarem a característica do PVC como isolante térmico, este trabalho demonstra que é possível usa-lo como condutor de calor.

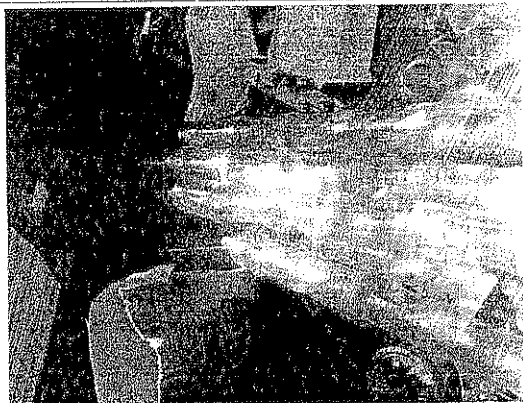
Material	Propriedade
Garrafas PET	0.85 Transmissibilidade
Placa colectora	0.9 Índice de absorptividade

Tab. 1. Propriedades ópticas do principal material do colector solar

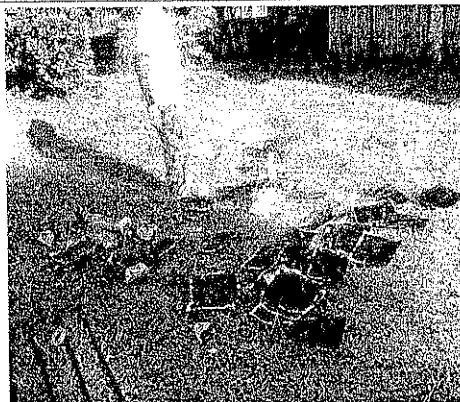
A construção do ASACMR é muito simples desde que adira os passos recomendados pelos manuais, assim sendo as etapas da construção deste prototipo estão ilustradas nas imagens fotografadas pelo autor Ver apêndice “1”.

Alguns Passos de construção do ASACMR,

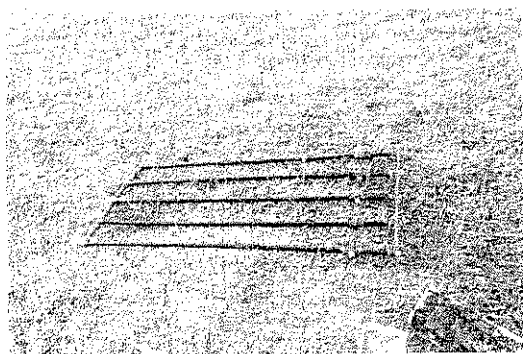
Aproveitamento térmico da energia solar



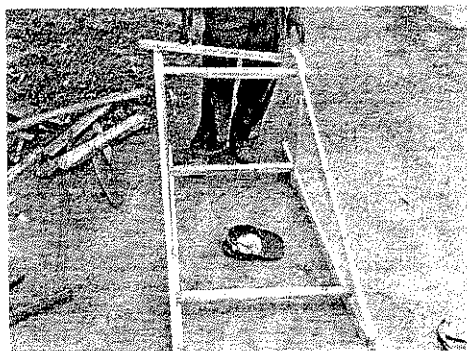
1 união das garrafas recortadas



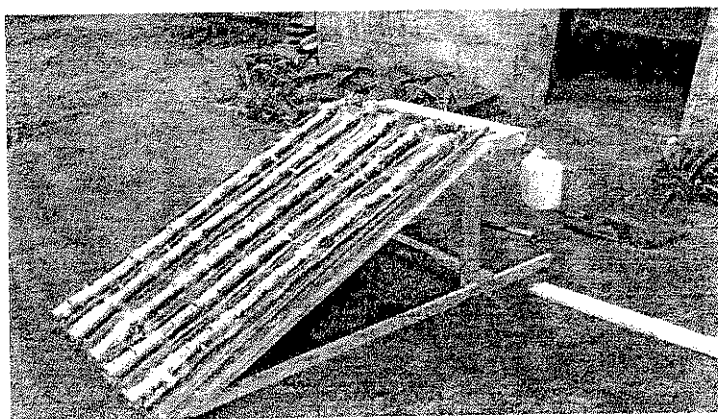
2. pintura de cartolinas de sumo



3 Esqueleto de tubos de circulação de água



4 Base de suporte do colector solar

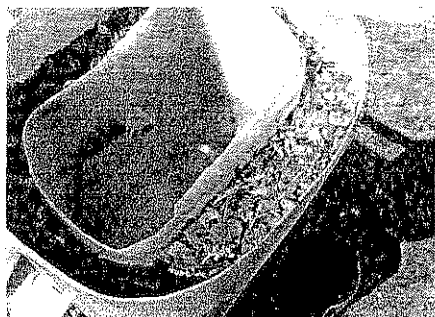


5 Colector solar com cartolinas de sumo e tubos inseridos nas garrafas

Aproveitamento térmico da energia solar

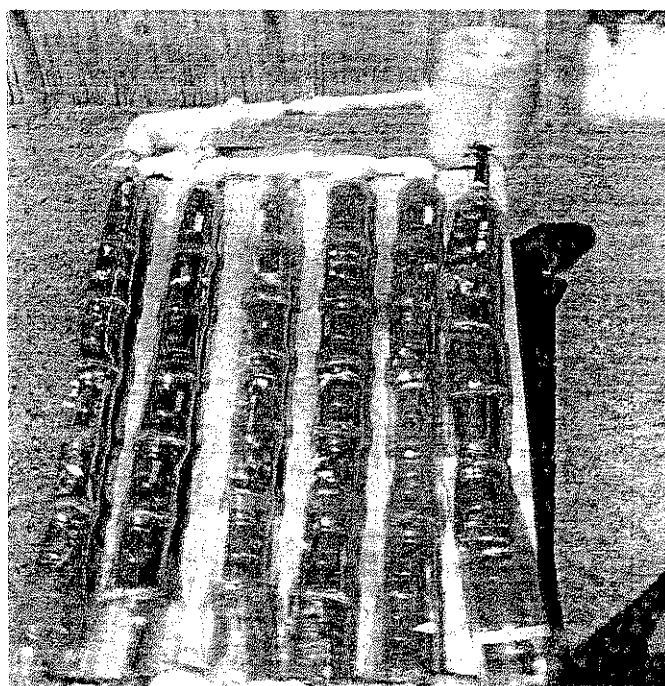
Reservatório térmico

O reservatório é uma das partes importantes do ASCMR, foi constituído por dois bidões de 10 e de 5 litros respectivamente separados por serradura como um isolador térmico. Ver ANEXO "2".



6.reservatório térmico

E por fim temos o ASACMR



7. Aquecedor solar de água construído com material reciclado

3.2. Processo de Funcionamento do ASACMR

O colector solar é o componente que merece especial atenção, por ser, o mesmo responsável directo, para o bom desempenho de um sistema de aquecimento solar. O colector solar que aqui se apresenta diferencia-se dos demais, no que refere-se aos materiais utilizados na sua construção e no rendimento térmico.

Com motivo de baixar custos, utilizou-se nas colunas de absorção térmica, tubos e conexões de PVC, menos eficiente do que os tubos de cobre ou alumínio aplicados nos colectores convencionais, como também, com o mesmo intuito, empregou-se garrafas PEPS e cartolinas de sumo devidamente montada de modo que no interior dos mesmos passe tubulação PVC. As cartolinas pintadas a preto que usadas substituem a caixa metálica e o painel de absorção térmica empregados nos colectores convencionais.

As mesmas cartolinas sendo recobertas por garrafas PEPS, têm como função proteger o interior do colector das interferências externas, principalmente dos ventos e oscilações da temperatura, dando origem a um ambiente próprio. O calor absorvido pelas cartolinas, pintadas em preto fosco (corpo negro), é retido em seu interior e transferido para a água através das colunas de PVC.

As garrafas impedem que entrem, no colector, água de chuva, materiais sólidos, poeira etc. Tem como finalidade principal provocar o efeito estufa ou seja, a luz do sol, incidindo directamente no vidro, faz com que parte dela penetre no interior do colector, reflectindo outra parcela de luz.

Na reflexão, a luz é composta basicamente de raios infravermelhos que não conseguem ultrapassar a camada de garrafa plástica, provocando assim um aquecimento interno que ajudará no aquecimento da água que está circulando na tubulação. A água aquecida fica armazenada num reservatório termicamente isolado que evita perda de calor para o ambiente.

Como foi citado na revisão bibliográfica, o ângulo de inclinação ao qual a placa é exposta influencia na quantidade de energia captada e, portanto na temperatura a qual a água aquecerá.

A cidade onde estão sendo feitas as medidas e onde está sendo montado o aquecedor é Xai-Xai. Para o cálculo do ângulo de inclinação utilizou-se o valor da sua latitude de 25.75°, o

Aproveitamento térmico da energia solar

que somado a quinze graus resultou em 40.75°. Com esse ângulo de inclinação o painel deverá ter o aproveitamento máximo da energia solar devido à maior incidência de radiação.

Estudo de campo No presente trabalho a seguir a pesquisa Bibliografia embora esta patente em todas etapas seguiu-se o trabalho no campo em que o pesquisador observou os factos tal como eles ocorrem naquele preciso momento. Este método não permite isolar e controlar as variáveis, mas perceber e estudar as relações estabelecidas.

Segundo Marconi e Lakatos (1996), citado¹¹, *a pesquisa de campo é uma fase que é realizada após o estudo bibliográfico, para que o pesquisador tenha um bom conhecimento sobre o assunto, pois é nesta etapa que ele vai definir os objectivos da pesquisa, as hipóteses, definir qual é o meio de colecta de dados, tamanho da amostra e como os dados serão tabulados e analisados.*

A observação consiste em perceber, visualizar e não interpretar. A observação deverá ser efectuada pelo próprio pesquisador que deve, paralelamente, acompanhar a execução das tarefas como por exemplo a medição da eficiência térmica do ASACMR.

3.3. TÉCNICA DE COLECTA E ANÁLISE DE DADOS

O presente trabalho usou a observação directa e o questionário como técnicas de colecta de dados

Medição de variação temperatura no colector

As medições foram feitas no mês de Julho (no inverno) no sentido de poder adquirir informações mais sólidas do rendimento colector e porque como já é sabido empiricamente no verão a radiação é maior em relação ao inverno portanto o resultado pode ser previsível teoricamente.

Convencionalmente pelo facto das medições serem feitas neste período, estabeleceu-se uma condição segundo a qual as mesmas só poderiam ser feitas nos dias do céu limpo sem

¹¹: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2001_TR21_0672.pdf

Aproveitamento térmico da energia solar

nuvens e nem tempestades, embora esta última não tenha sido muito controlada. É por esta razão que os dados não aparecem em dias consecutivos como era de esperar.

A *observação directa* consistiu na observação directa de funcionalidade do aquecedor solar durante 5 dias, onde o pesquisador usou três multímetros que incorporam os termopares do tipo K.:

A figura 4, é a imagem fotografada da montagem dos termopares para a medição. Os termopares foram instaladas de modo a medir a variação da temperatura no colector solar portanto foram criados dois furos, um no primeiro tubo que liga o reservatório e o colector o outro na parte saída do colector, isto é no ultimo tubo que liga o colector e o reservatório.

O 1º termopar mediu a temperatura de água na entrada do colector, portanto a sua extremidade é fixada no furo feito na parte superior do primeiro tubo do colector, próximo ao reservatório

O 2º termopar mediu a temperatura de água na saída do colector, portanto a sua extremidade é fixada no furo feito na parte superior do último tubo do colector.

O 3º mediu a temperatura ambiente em intervalos de 30 minutos, a extremidade deste último foi solto em cima do colector.

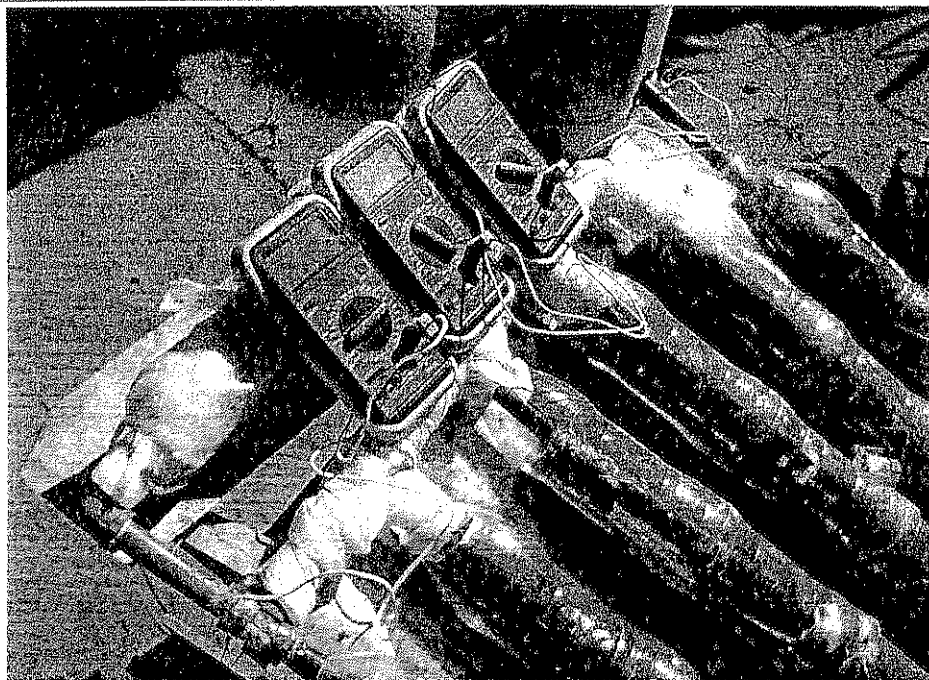


Fig. 2.4. Disposição de termopares no colector solar

Os dados observados estão registados nas tabelas indicadas no apêndice 3

Medição da radiação solar.

Existem vários aparelhos de medir a radiação solar dentre eles, importa fazer referência ao Pirómetro.

A figura 2.9 é uma fotografia de um Pirómetro de Epley PSP, cujo elemento sensível é composto por uma série de duas junções cobre-constantan (termopares), dispostas radialmente, formando uma termopilha. Uma junção fica exposta a radiação (junção quente) e outra protegida da radiação (junção fria).

A junção quente é pintada com tinta preta e a fria pintada a cor branca sendo que a diferença de temperatura entre as duas junções da termopilha, gera corrente eléctrica proporcional à quantidade de radiação solar recebida, que pode ser medida em forma de tensão, mostrando o valor instantâneo da energia solar.

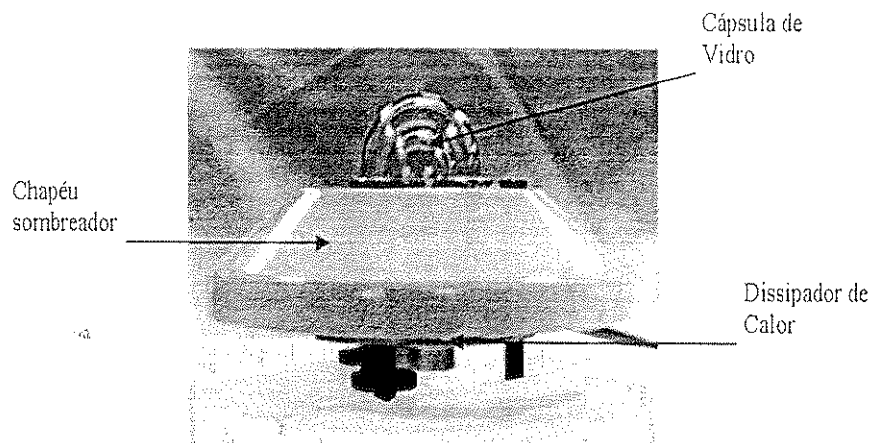


Fig. 5 Pirômetro de Epley PSP (TAMELA, 2005)

Medição de insolação

A figura 2.11 é uma fotografia que ilustra um heliógrafo de Campbell-Stokes, que consiste numa esfera de vidro, incolor ou de um verde amarelado, com cerca de 10 cm de diâmetro e encontra-se montado concentricamente num suporte metálico esférico. A radiação solar é focalizada pela esfera sobre uma fita que, pela acção da radiação é queimada. O comprimento desta fita queimada é a medida da insolação.

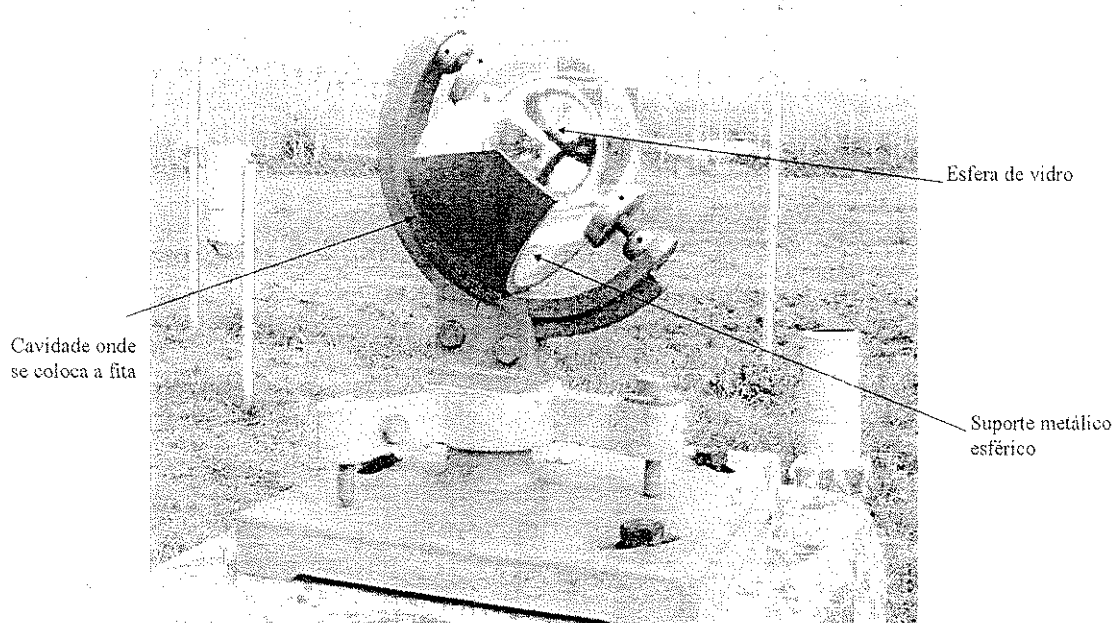


Fig. 6 Heliógrafo de Campbell-Stokes. (TAMELA, 2005)

Aproveitamento térmico da energia solar

Este instrumento tem alguns constrangimentos, porque não mede a radiação solar mas sim a insolação, sendo necessário se fazer uma conversão desta para se conhecer a quantidade de radiação solar. A conversão é feita com base em modelos,

Este trabalho optou pelo modelo de Angstron que como já foi dito é mais usado quando se quer determinar a radiação com base na insolação.

Os valores da insolação usados neste trabalho foram obtidos no INAM delegação de Gaza, e foram registados neste local das 6 as 15h através do *heliografo* (instrumento próprio para a medição de insolação). De salientar que as medições de temperatura no colector solar, neste trabalho foram feitas das 9 as 15h daí o facto de e usar apenas os valores de insolação correspondente a este intervalo. Os dados estão ilustrados no Anexo, I

Questionário é uma técnica de observação não participante que se apoia numa sequência de perguntas ou interrogações escritas que se dirigem a um conjunto de indivíduos (inquiridos), que podem envolver as suas opiniões, as suas representações, as suas crenças ou várias informações factuais sobre eles próprios ou o seu meio.

Teste com informações sobre o consumo do carvão vegetal

Questionário: como técnica foi usado para trazer informações reais sobre o consumo do carvão vegetal, água quente por dia, semana; o dinheiro gasto no aquecimento de água para o banho. ANEXO.2

CAPITULO IV**4. RESULTADOS E DISCUÇÃO****Dados da leitura dos parâmetros que espelham a eficiência térmica do Protótipo (ASACMR)**

Depois da construção e montagem do protótipo foram feitas com termopares tipo K as medições de temperatura de água na saída e na entrada do colector seguintes:

Tabela 1: A tabela representa os resultados experimentais do dia 15 de Julho de 2011 para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00. t representa o tempo em horas, T_a , T_e , T_s e ΔT representam a temperatura ambiente, temperatura de entrada da água no colector (água fria), temperatura de saída da água no colector (água quente) e diferença entre a temperatura de saída da água e entrada, respectivamente. Q_u é a energia útil ou energia que a água conseguiu extrair do colector. As medições eram registadas no papel manualmente e, depois foram inseridas na folha de cálculo de EXCEL.

A primeira coluna tem o tempo em que foram feitas as medições de temperaturas de ambiente, temperatura de entrada de água e de temperatura de saída de água. De referir que as medições eram feitas com a escala termométrica graus célsius ($^{\circ}\text{C}$) e depois convertidas para ($^{\circ}\text{K}$) como escala internacional de temperatura e depois foi determinada a variação da temperatura para cada instante.

No fim portanto conhecendo a quantidade da água aquecida e a variação da temperatura usando equação 6 determinou-se a energia realmente aproveitada pelo colector.

NB os mesmos procedimentos acima explicados foram feitos para os resultados experimentais correspondentes aos dias 17,18,23,e 27, cuja tabelas estão ilustradas nos apêndices 3 e 4.

Aproveitamento térmico da energia solar

t(hora)	Ta		Te		Ts		ΔTe (°K)	Qu(KJ)	Qu(KWh)
	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)			
9:30h	21	294	22	295	39	312	17	149.226	268.6068
10h	22	295	23	296	43	316	20	175.56	316.008
10:30h	23	296	23	296	45	318	22	193.116	347.6088
11h	25	298	26	299	46	319	20	175.56	316.008
11:30h	27	300	26	299	48	321	22	193.116	347.6088
12h	28	301	26	299	52	325	26	228.228	410.8104
12:30h	26	299	26	299	54	327	28	245.784	442.4112
13h	25	298	25	298	53	326	28	245.784	442.4112
13:30h	24	297	24	297	47	320	23	201.894	363.4092
14h	23	296	23	296	46	319	23	201.894	363.4092
14:30h	21	294	23	296	44	317	21	184.338	331.8084
15h	21	294	20	293	43	316	23	201.894	363.4092
Média	23.83	296.83	23.916	296.9	46.66	319.66	22.75	199.699	359.459

Tab. 5. Resultados experimentais do dia 15 de Julho de 2011

Na tabela verifica-se a variação simultânea da temperatura de água na entrada com a variação da temperatura ambiente. No entanto a máxima temperatura do ambiente foi das 11:30h as 12h e da água na saída do colector solar foi das 12h as 12:30h, o que significa que a água neste instante entrou a altas temperaturas comparadas com as primeiras horas.

Nos gráficos que se seguem o gráfico do meio que aparece mais bordado que os outros dois apresenta a energia útil, o de cima ilustra a temperatura ambiente e o ultimo que o de baixo mostra a variação da temperatura da água na entrada e na saída do colector solar. O eixo vertical na parte direita de cada gráfico representa a energia e o eixo secundário é da temperatura.

Aproveitamento térmico da energia solar

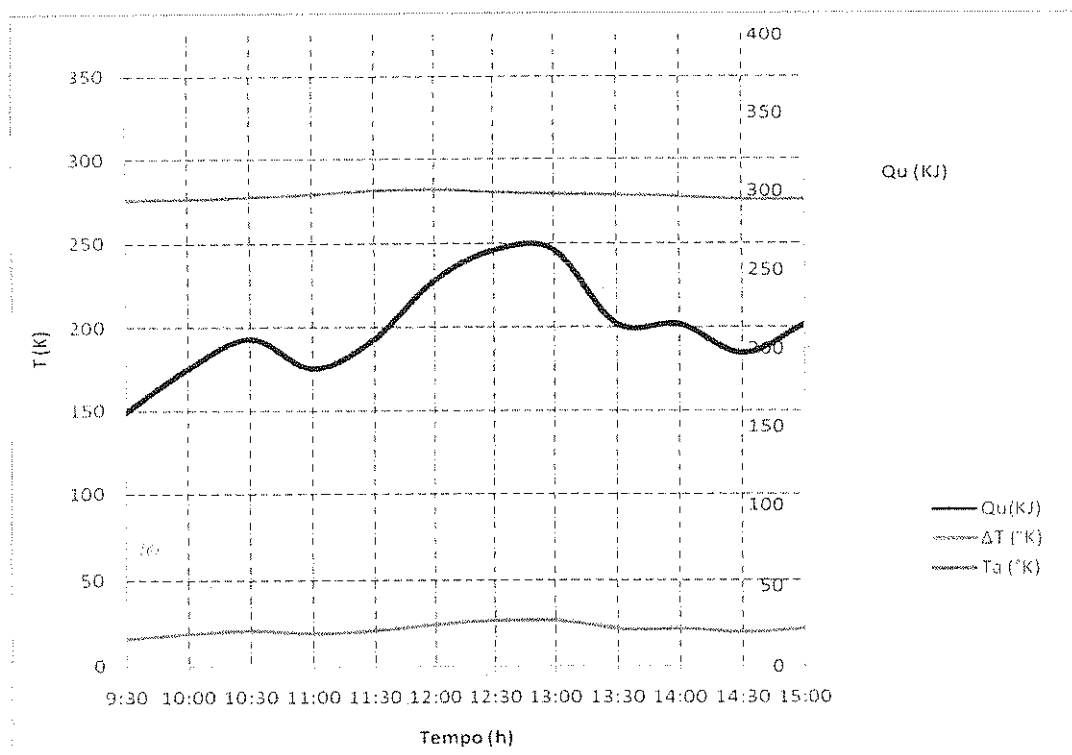


Gráfico 1 Variação da energia útil com T_a e ΔT no colector 15.06.11.

Este gráfico ilustra a dependência da variação de Q_u em relação a variação da temperatura no colector solar, como se pode notar quanto maior for a variação da temperatura no colector maior é a energia realmente aproveitada e vice-versa.

Como se pode notar o gráfico da variação temperatura no colector como o da temperatura ambiente são do tipo parabólicos como é o gráfico do ciclo diário da temperatura que cresce com o nascer do sol ate atingir o seu meio-dia solar e começa a descer ate o fim do dia.

Aproveitamento térmico da energia solar

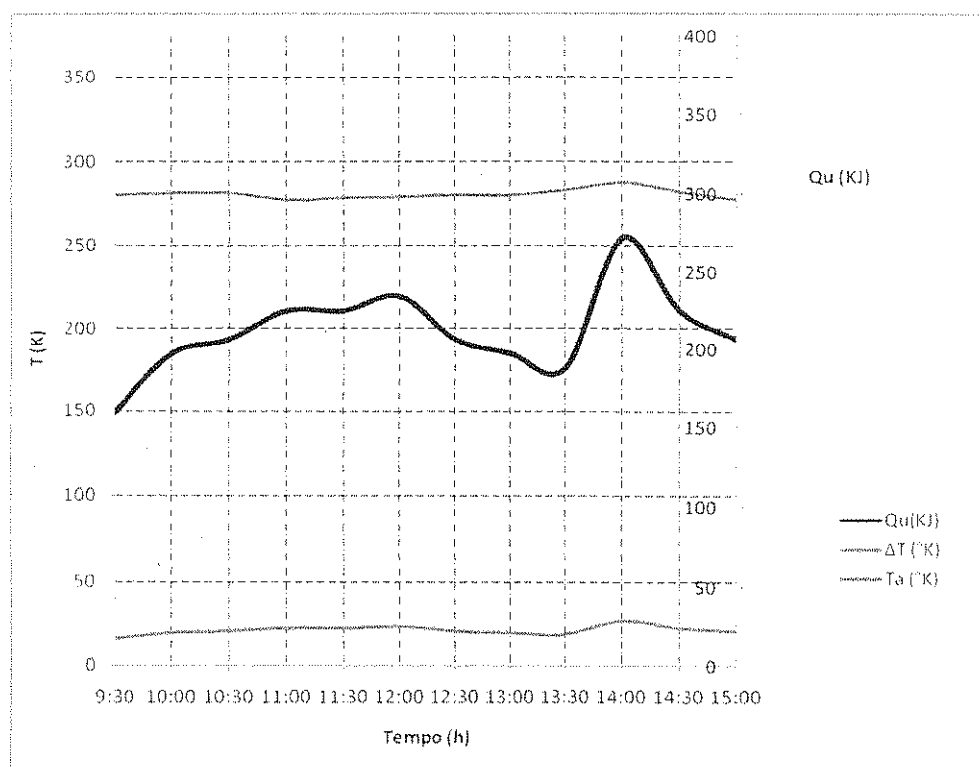


Gráfico 2 Variação da energia útil com Ta e ΔT no coletor 17.06.11.

Neste gráfico nota-se que a temperatura ambiente subiu das 9h até as 12h, diminuiu até as 13:30 e volta a subir até as 14h. No mesmo pode notar que a variação de energia útil oscila com a temperatura ambiente e a variação da temperatura do coletor, tendo atingido o seu valor máximo às 14h, mas das 11h às 13h houve maior decréscimo o que tenha sido causado pela passagem de nuvens.

Aproveitamento térmico da energia solar

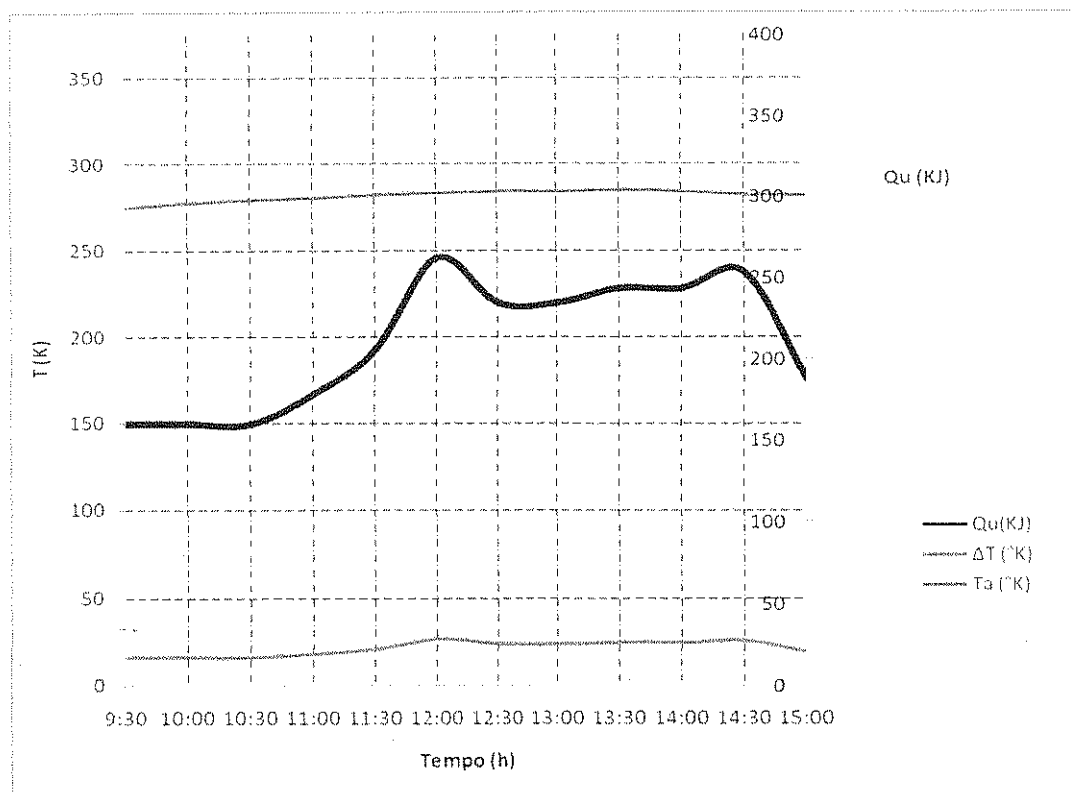


Gráfico 3: Variação da energia útil com T_a e T no colector 18.06.11.

De acordo com o gráfico 3, acima, verificar-se que a energia útil foi inferior a 300KJ isto é em nenhum momento a energia é mais que este valor, o que significa o seu valor médio foi menor. Neste dia a insolação no período da medição foi 5h:30 diferentemente dos outros dias que tem sido de 6 horas, portanto em algum momento o céu esteve coberto de nuvens o que fez com a insolação baixasse.

Aproveitamento térmico da energia solar

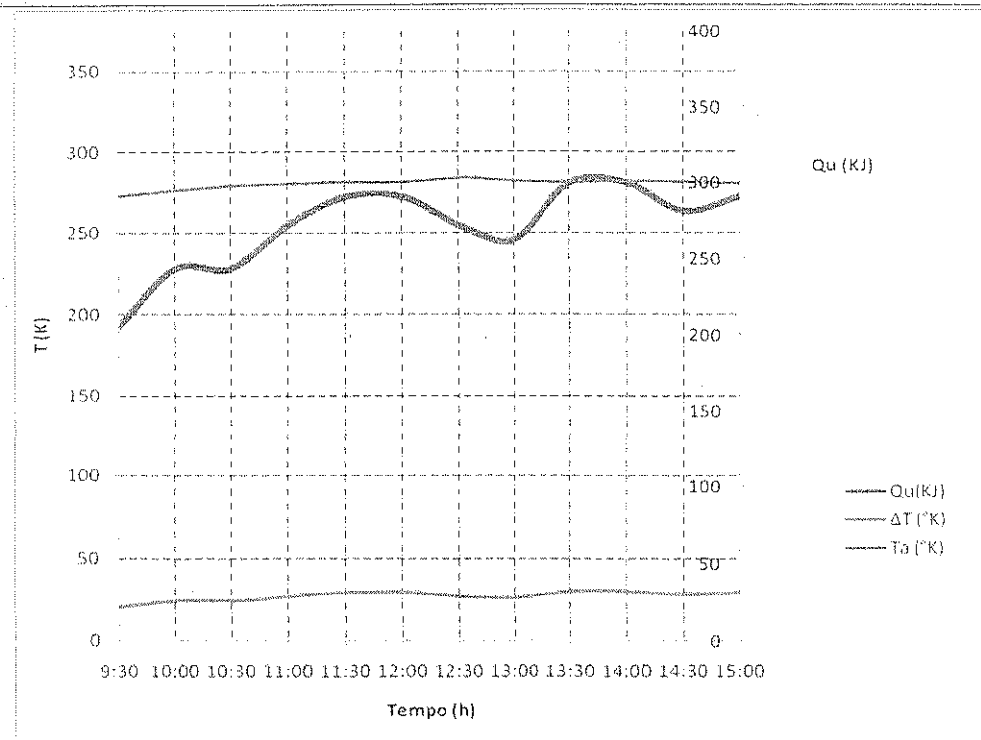


Gráfico 4: Variação da energia útil com T_a e T no colector 23.06.11.

Como mostra o gráfico em termos de variação de temperatura tanto a temperatura ambiente como a de colector solar verifica-se um aumento das 9h ate as 12:00 depois começa a oscilar mas o pico de energia neste dia foi as 13:30 portanto isto significa que o meio-dia solar foi esta hora em que o colector teve o seu aproveitamento máximo.

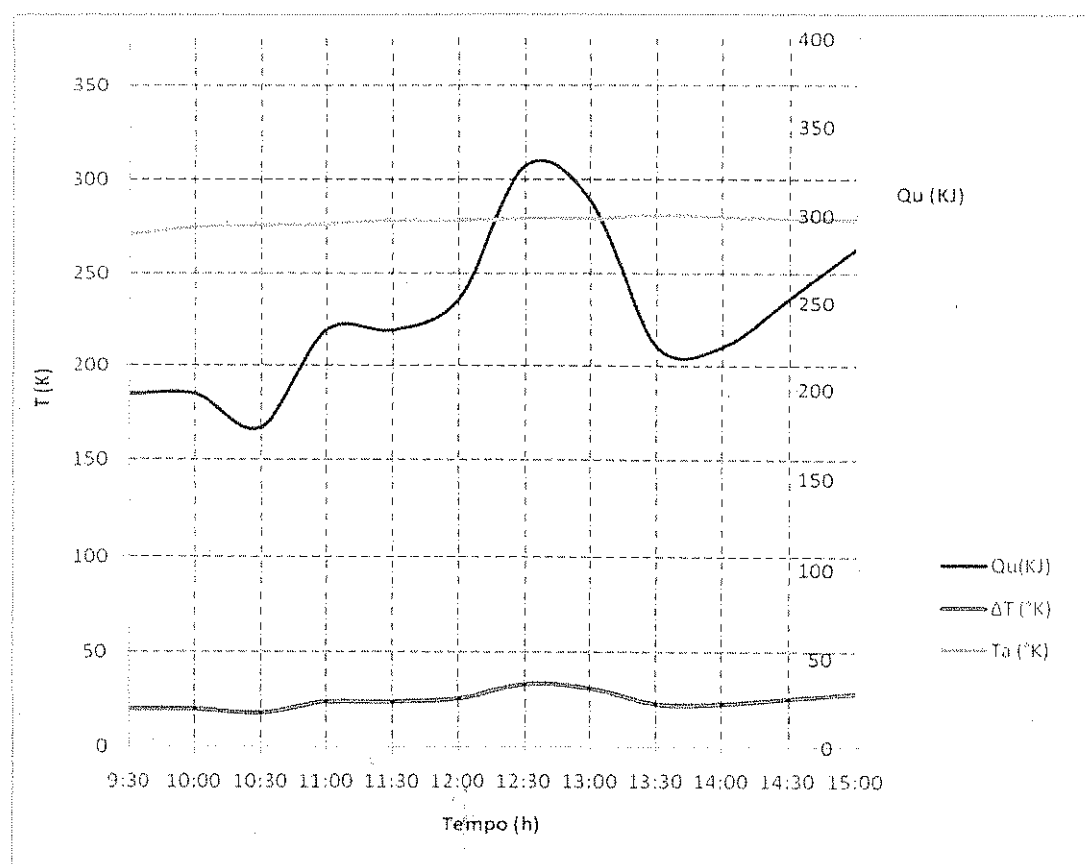


Gráfico 5: Variação da energia útil com Ta e T no colector 27.06.11.

De acordo com o gráfico 5 verifica-se que a energia realmente aproveitada depende da variação da temperatura tendo sido maiores das 11:30 as 12:30h, pelo que a variação da temperatura foi de 328K, portanto neste dia o colector registou energia útil máxima de 307KJ.

A tabela que se segue é referente ao rendimento térmico médio do colector durante os 5 dias

Para o preenchimento da tabela abaixo fez o uso das equações patentes no capítulo II. Assim sendo primeiro determinou-se a declinação (δ) com a equação "1"

Conhecido o valor de d_n neste caso o dia 15.06.11 é igual 165, teremos

$$\delta = 23.267$$

Aproveitamento térmico da energia solar

Conhecendo a δ e ϕ , portanto a declinação e a latitude local e substituindo nas equações 2 e 3. Obtém-se para este dia $N= 13.59601h$

Substituindo na equação 4, por valores de (δ) , ϕ , w e G_{scs} obtém-se $G_{\theta}=40593189.22J/m^2$

Substituindo na equação 5 por valores de $G_{\theta}N$ e n determinou-se a radiação global

Onde a e b são constantes e iguais a 0.24 e 0.48 respectivamente

n é a insolação no intervalo das 9h as 15h igual a 6h. Este dado é fornecido pelo INAM ver ANEXO

$$G= 18341095.07J/m^2$$

Portanto a energia que o colector absorveu no dia 15.06.11 no intervalo das 9 as 15h é dada pela equação 7

Onde α_p τ_g são iguais a 0.85 e 0.9 respectivamente segundo (SANTOS 2007)

$$A_c=0.567m^2$$

$$Q_{abs}=8081.82013KJ$$

$$Q_u=m_{H_2O}C_p\Delta T=209.209KJ$$

A eficiência térmica do colector foi determinada com a equação 9, do capítulo II

Data	Qabs (KJ)	$\Delta T(^{\circ}K)$	Qut (KJ)	Qinc	Qp (KJ)	η
15.06.11	8081.82013	22.75	2282.28	10399.401	5799.5401	21.94626423
17.06.11	8081.25313	22.5833	2265.5567	10398.671	5815.6965	21.7869821
18.06.11	7575.884368	22.41667	2248.8403	9748.3806	5327.044	23.06886058
23.06.11	8077.418432	28.91667	2900.9203	10393.737	5176.4981	27.91027277
27.06.11	8073.145695	25.91667	2599.9603	10388.239	5473.1854	25.02792194
médio	7977.904351	24.516662	2459.5115	10265.686	5518.3928	23.94806032

Tab. 3 Eficiência térmica do colector solar diante 5 dias de medições.

Com os dados da tabela 3 obtém-se o gráfico seguinte:

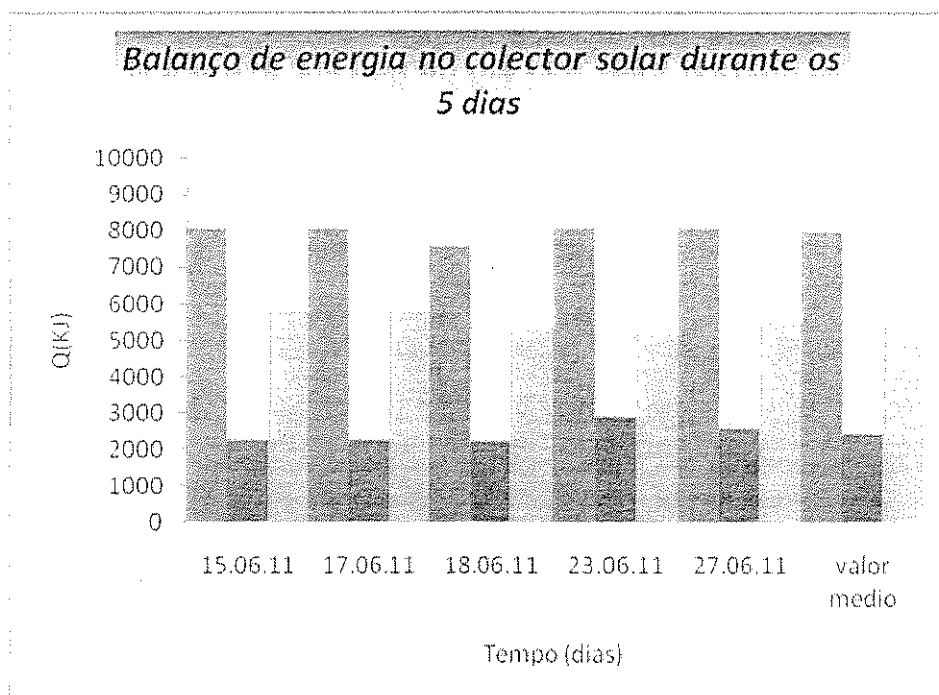


Gráfico 6: Balanço da energia durante 5 dias de medição

A partir do gráfico verifica-se o colector absorve maior quantidade de energia mas aproveita-se muito pouco pelo que as perdas são muito maiores, alias a diferença entre Q_{abs} e Q_u é do no mínimo 1000J, o que vai ditar no rendimento muito abaixo de 50% como mostra o gráfico a seguir. nota-se que o valor máximo verificou-se no dai 23.06.11 em a quantidade de energia útil foi maior o que significa que a variação de temperatura de agua no coactor é maior neste dia quando comparado com os outros.

Resultados Do Questionário Escrito

A tabela seguinte é referente ao consumo de água quente para o banho durante 5 dias em duas famílias com o mínimo de 4 membros de família

Sem contar com as perdas a eficiência térmica do carvão foi determinada pela equação 12

Onde: $C_p = 4,18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$

$P_{cv} = 31,4 \text{ KJ/Kg}$

$m_{H_2O} = 400 \text{ Kg}$

Aproveitamento térmico da energia solar

$$m_{cv}=15Kg$$

$$\Delta T = 25^{\circ}K$$

Família	n de agregado familiar	Ag.Qnt/5dia	Qu/5dias	carv/5dia	Qfcv	η
F1	4	400	41800	15	47092.5	88.76148
F2	5	500	52250	20	62790	83.21389

Tab. 4 Consumo de carvão e água quente durante 5 dias

Análise de eficiência entre ASACMR com CARVAO em termos de energia aproveitada e energia absorvida ou libertada e em termos de economia residencial.

Para 80 litros de água a temperatura média de $25^{\circ}K$, usada por dia com uma família de 4 membros implica necessariamente 3Kg de carvão vegetal correspondente, por dia 15mt, 75mt durante cinco dias e por mês 450mt. Entretanto o protótipo aqui apresentado com área de $0.567m^2$ tem a capacidade de aquecer por dia a mesma temperatura 24l sem nenhum gasto monetário atendendo que o colector é de material reciclado, portanto por dia o ASACMR aquece 30% da água aquecida pelo carvão vegetal, economiza por dia 30% do valor gasto na compra de carvão usado para aquecer água do banho. O que significa que no total de 450mt de dinheiro usado para aquecer água do banho por mês com a introdução do ASACMR, passam a usar 315mt.

Em termos de quantidade de energia portanto sem analisar as perdas, na queima de 15Kg de carvão vegetal usados durante cinco dias aquecem cerca de 400L de água que corresponde a 47092.5J, e 41800J de quantidade de energia fornecido pelo carvão útil respectivamente. Nisto nota-se o maior aproveitamento em relação ao aquecedor solar.

CAPITULO V

5.1. CONCLUSÕES

Nas condições climáticas em que foram feitas as medições notou-se que, o ASACMR é uma alternativa não para substituir totalmente mas sim para reduzir o consumo excessivo de carvão vegetal numa residência. Entretanto para que o mesmo substitua completamente o carvão gasto apenas para o banho é necessária ter um colector com cerca de 1.89m^2 , assim aquece cerca de 80l aquecidos pelo carvão por dia.

Numa primeira fase usar o aquecedor solar de água leva mais tempo que o carvão vegetal visto que para atingir a mesma temperatura e aquecer a mesma quantidade de água o carvão leva muito pouco tempo. Mas também aqui referenciar que o ASACMR é de longa duração e com o passar de tempo passa a ser mais rápido que o carvão pelo que logo que o sol se abrir este começa a aquecer.

Sem portanto contar com as perdas do próprio fogão e do recipiente, pouca quantidade de carvão liberta maiores quantidades de energia e por conseguinte em um dia o carvão aquece maior quantidade de água em relação ao aquecedor solar de água.

De salientar que apesar de o ser lento em termos do tempo, é possível termos a mesma quantidade de energia no colector solar por dia desde que se aumente a área do colector por que quanto maior for a área maior será a energia absorvida e consequentemente maior é a água aquecida o significa ter um rendimento maior e maior quantidade de energia útil

De acordo com os resultados apresentados no capítulo anterior, a pesquisa conclui que a implementação do ASACMR economiza 4,5mt por dia o que vale cerca de 135mt por mês e consequentemente para uma família com cerca de 1800mt do seu salário mínimo significa economizar 17.5%. e para outra com 3.173mt economiza 9.9%.

Aliado ao parágrafo acima conclui-se que é oneroso usar carvão para aquecer água do banho em relação ao ASACMR.

Contudo a pesquisa recomenda o uso de ASACMR, por famílias de baixa renda no sentido de reduzir a economia residencial e contribuir na preservação do meio ambiente.

5.2. LIMITAÇÕES

- ▶ Demora na construção do colector por falta de fundos monetários
- ▶ Falta de material bibliográfico com informações sobre o consumo residencial de carvão vegetal na cidade de xai-xai, tendo por isso recorrido ao questionário;
- ▶ Demora na obtenção de instrumentos de medição por falta de fundos financeiros e porque estes não existirem nas instituições de ensino ora abrangidos.
- ▶ Dependência do estado do céu para se fazer as medições
- ▶ A falta de encontro constante com o supervisor por causa da distância.

5.3. RECOMENDAÇÕES

A partir das conclusões desta pesquisa recomenda-se

- ▶ Aos professores no sentido de construir usar os colectores solares para melhorar a simulação de matéria sobre transformação de energia calor e sobretudo o aproveitamento de energias renovais;
- ▶ A comunidade no geral o uso de ASACMR, como forma de minimizar a poluição do meio, minimizar riscos a saúde humana e reduzir o custo elevado da vida nas suas residências.
 - ▶ Aos estudantes que queiram fazer a mesma pesquisa, o uso de manuais
 - ▶ Aos estudantes deste e de outros cursos e outros interessados no geral a continuidade do mesmo estudo por parte de estudantes deste e de mais cursos, e como quem estiver interessado.
 - ▶ Para famílias que queiram construir e montar nas suas residências o ASACMR começar primeiro por definir o número do agregado familiar e segundo a quantidade de água a ser aquecida por dia 3º a temperatura precisada e por fim a área do colector solar;

5.4. SUGESTÕES

- ▶ Criação do centro de estudo de energias renováveis em todas Província do País;
- ▶ Estudo mais exequível exaustivo sobre o melhoramento de colectores já existentes.
- ▶ Estudo sobre viabilidade de substituição de colectores convencionais em Moçambique como forma de imunizar o consumo de corrente eléctrica,
 - ▶ Investigação de locais onde é possível haver maior aproveitamento de cada tipo de energia renovável.
 - ▶ Os municípios para sensibilizar a população através de palestras nas comunidades a impotência reciclagem para o seu bem tanto na economia doméstico quanto para o bem da sua saúde.

BIBLIOGRAFIA

ALANO. José e Filhos: *Manual de aquecedor solar de agua* disponível em <http://josealciñoalano.vilabol.uol.com.br/manual.htm>

CUAMBA. Chongo: *Introducao a Energias (2008)* disponível em www.engenharia.uem.mz/nhambiu/images/documentos

CRUZ Costa, Jorge; Lebeña, Eduardo *Conversão Térmica da Energia Solar*”, SPES/INETI disponível em: www.renovaveis.tecnopt.com

Estatísticas do Distrito de Cidade De Xai-Xai 2008 PDF, disponível em <http://www.ine.gov.mz>

Energias renováveis para um desenvolvimento sustentável disponível em <http://www.portaldogoverno.gov.mz>

Energy value of coal acessado em <http://en.wikipedia.org/wiki/>: 08-07-2011:

Energy Measurements and Conversions disponível em <http://www.extension.iastate.edu/agdm/wholefarm/html/c6-86.html>

IEA (International Energy Agency) Energy Balances 2009 disponível em: <http://www.iea.org/textbase/stats>

Informação Geral sobre Moçambique disponível em <http://www.portaldogoverno.gov.mz>

MARCONI, Marina & LAKATOS, Eva M. *Técnicas de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1999

MAURICIO *Poder calorífico do combustível*. [http://www.weo.ind.br/manutenção site/Imagens/informação: técnicas/português/poder calorífico](http://www.weo.ind.br/manutenção/site/Imagens/informação:técnicas/português/poder%20calorífico)

NIEMEYEA Romulo. *Construção de um colector solar* disponível em http://www.laar.unb.br/Relatorios_PG/Relatorio_final_Romulo.pdf

TWIDEL John et all. *Renewable Energy Resources*. Second Edition

Aproveitamento térmico da energia solar

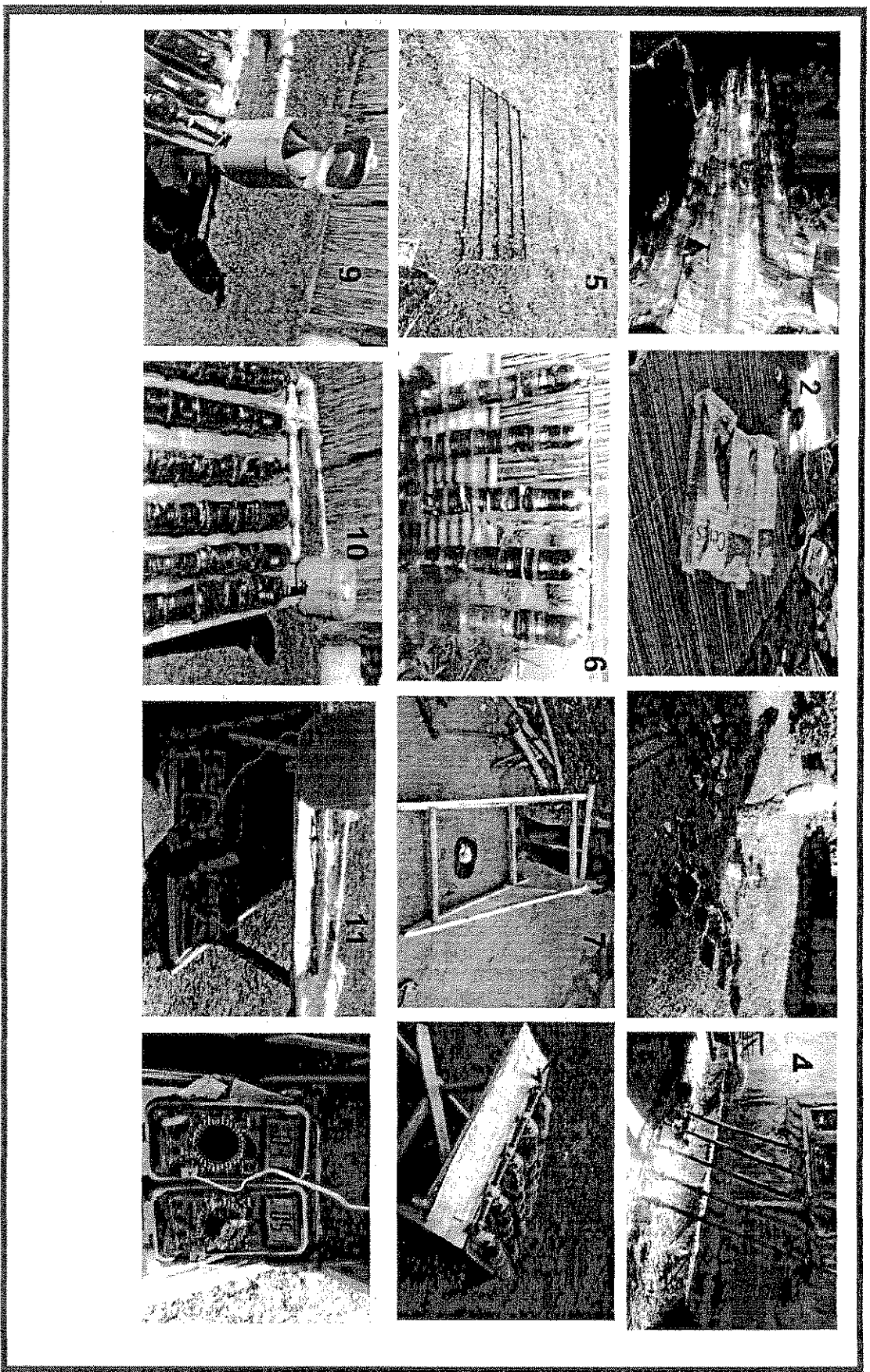
J.A. Duffie and Beckman *Solar engineering of thermal processes*, (1984),
www.renovaveis.tecnopt.com

QUISSICO, Daniel Zefaniais. *Estudo do comportamento da radiação solar em Moçambique*. Trabalho de Licenciatura em Física Aplicada, UEM, Maputo 2005

RESNICK, Robert e HALLIDAY, David. *Física 1, 3ª ed.* São Paulo. editora SA 1983
pg(330_336).

SIQUEIRA, Débora . Abrahao. Estudo de desenvolvimento de aquecimento solar de baixo custo 2009

Apêndices



Apêndice 1: aqui estão representados todos os passos seguidos desde os materiais usados até a construção e testagem do aquecedor solar de água (ASACMR), incluindo o equipamento usado para as medições.



Apêndice 2: reservatório térmico de água, construído a partir de dois recipientes, um interno (de 5 litros) e outro externo (de 10 litros), separados pela serradura como isolador térmico.

Tabela 1: A tabela representa os resultados experimentais do dia "15.07.2011" para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00. t representa o tempo em horas, T_a , T_e , T_s e ΔT_e representam a temperatura ambiente, temperatura de entrada da água no coletor (água fria), temperatura de saída da água no coletor (água quente) e diferença entre a temperatura de saída da água e do ambiente, respectivamente. Q_u é a energia útil ou energia que a água conseguiu extrair do coletor.

t (hora)	T_a		T_e		T_s		ΔT_e (°K)	Q_u (KJ)	Q_u (KWh)
	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)			
9:30h	21	294	22	295	39	312	17	149.226	268.6068
9:30h	22	295	23	296	43	316	20	175.56	316.008
10:30h	23	296	23	296	45	318	22	193.116	347.6088
11h	25	298	26	299	46	319	20	175.56	316.008
11:30h	27	300	26	299	48	321	22	193.116	347.6088
12h	28	301	26	299	52	325	26	228.228	410.8104
12:30h	26	299	26	299	54	327	28	245.784	442.4112
13h	25	298	25	298	53	326	28	245.784	442.4112
13:30h	24	297	24	297	47	320	23	201.894	363.4092
14h	23	296	23	296	46	319	23	201.894	363.4092
14:30h	21	294	23	296	44	317	21	184.338	331.8084
15h	21	294	20	293	43	316	23	201.894	363.4092
média	23.83	296.83	23.916	296.9	46.66	319.66	22.75	199.699	359.459

Tabela 2: A tabela representa os resultados experimentais do dia "17.07.2011" para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00.

t(horaa)	Ta		Te		Ts		ΔT_e (°K)	Qu(KJ)	Qu(KWh)
	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)			
9:30h	26	299	22	295	39	312	17	149.226	268.6068
9:30h	27	300	22	295	43	316	21	184.338	331.8084
10:30h	27	300	24	297	46	319	22	193.116	347.6088
11h	23	296	25	298	49	322	24	210.672	379.2096
11:30h	24	297	26	299	50	323	24	210.672	379.2096
12h	25	298	27	300	52	325	25	219.45	395.01
12:30h	26	299	29	302	51	324	22	193.116	347.6088
13h	26	299	31	304	52	325	21	184.338	331.8084
13:30h	29	302	31	304	51	324	20	175.56	316.008
14h	34	307	25	298	54	327	29	254.562	458.2116
14:30h	28	301	24	297	48	321	24	210.672	379.2096
15h	23	296	24	297	46	319	22	193.116	347.6088
média	26.5	299.5	25.83333333	298.833	48.41667	321.4166	22.58333	198.2365	356.8257

Tabela 3: A tabela representa os resultados experimentais do dia "18.07.2011" para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00

t(hora)	Ta		Te		Ts		$\Delta Te (^{\circ}K)$	Qu(KJ)	Qu(KWh)
	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)			
9:30h	20	293	19	292	36	309	17	149.226	268.6068
9:30h	23	296	25	298	42	315	17	149.226	268.6068
10:30h	25	298	28	301	45	318	17	149.226	268.6068
11h	26	299	30	303	49	322	19	166.782	300.2076
11:30h	28	301	29	302	51	324	22	193.116	347.6088
12h	29	302	24	297	52	325	28	245.784	442.4112
12:30h	30	303	27	300	52	325	25	219.45	395.01
13h	30	303	28	301	53	326	25	219.45	395.01
13:30h	31	304	27	300	53	326	26	228.228	410.8104
14h	30	303	26	299	52	325	26	228.228	410.8104
14:30h	28	301	24	297	51	324	27	237.006	426.6108
15h	27	300	22	295	42	315	20	175.56	316.008
média	27.25	300.25	25.75	298.75	48.16667	321.166667	22.41667	196.7735	354.1923

Tabela 4: A tabela representa os resultados experimentais do dia "23.07.2011" para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00

t(hora)	Ta		Te		Ts		$\Delta Te (^{\circ}K)$	Qu(KJ)	Qu(KWh)
	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)	($^{\circ}C$)	($^{\circ}K$)			
9:30h	18	291	14	287	36	309	22	193.116	347.6088
9:30h	22	295	14	287	40	313	26	228.228	410.8104
10:30h	25	298	16	289	42	315	26	228.228	410.8104
11h	26	299	15	288	44	317	29	254.562	458.2116
11:30h	27	300	15	288	46	319	31	272.118	489.8124
12h	27	300	16	289	47	320	31	272.118	489.8124
12:30h	30	303	17	290	46	319	29	254.562	458.2116
13h	28	301	17	290	45	318	28	245.784	442.4112
13:30h	27	300	14	287	46	319	32	280.896	505.6128
14h	28	301	13	286	45	318	32	280.896	505.6128
14:30h	27	300	13	286	43	316	30	263.34	474.012
15h	26	299	11	284	42	315	31	272.118	489.8124
média	25.91666667	298.9166667	14.58333333	287.583	43.5	316.5	28.91667	253.8305	456.8949

Tabela 5: A tabela representa os resultados experimentais do dia "27.07.2011" para o período compreendido entre 9h:00 e 15h:00.

t(hora)	Ta		Te		Ts		ΔT_e (°K)	Qu(KJ)	Qu(kWh)
	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)	(°C)	(°K)			
9:30h	16	289	16	289	37.	310	21	184.338	51.205
9:30h	20	293	18	291	39	312	21	184.338	51.205
10:30h	21	294	21	294	40	313	19	166.782	46.32833
11h	22	295	21	294	46	319	25	219.45	60.95833
11:30h	24	297	23	296	48	321	25	219.45	60.95833
12h	24	297	22	295	49	322	27	237.006	65.835
12:30h	25	298	20	293	55	328	35	307.23	85.34167
13h	25	298	20	293	53	326	33	289.674	80.465
13:30h	27	300	23	296	47	320	24	210.672	58.52
14h	26	299	22	295	46	319	24	210.672	58.52
14:30h	25	298	17	290	44	317	27	237.006	65.835
15h	24	297	13	286	43	316	30	263.34	73.15
média	23.25	296.25	19.66666667	292.667	45.58333	318.583333	25.91667	227.4965	63.19347

Medição da Radiação Global. os dados desta tabelas foram obtidos através das equações 1,2,3,4,5 em que n é a insolação medida, a e b são coeficientes de regressão de angstron, G_{sc} é a constante solar, dn é o dia juliano, δ é a declinação solar, θ é latitude da cidade de xai-xai, w é o ângulo horário, N é a insolação astronômica, G_o é radiação solar no topo da atmosfera e G é a radiação global.

n (horas)	a	b	G_{sc} (w/m ²)	dn	δ	θ	$\text{Cos}(w)$	ω	N
6				165	23.267		-0.2074	101.9700494	13.59601
6				167	23.354		-0.20827	102.020915	13.60279
5.2				168	23.387		-0.2086	102.0402288	13.60536
6				173	23.448		-0.20921	102.0759591	13.61013
6	0.24	0.48	1367	177	23.371	25.75	-0.20844	102.0308631	13.60412

continuação

G_o (J/m ²)	G	
	(J/m ²)	Wh/m ²
40593189.22	18341095.07	5094.75
40599831.35	18339808.30	5094.39
40601309.84	17192911.15	4775.81
40590825.12	18331105.74	5091.97
40560953.58	18321409.08	5089.28

Anexos

Local: XAI-XAI

VALORES HORARIOS DA INSOLAÇÃO

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA

Mês: Junho

Dia	Insolação (h)																Total	Máxima possível	Per. (%)	Radiação global (cal/cm²)
	4-5h	5-6h	6-7h	7-8h	8-9h	9-10h	10-11h	11-12h	12-13h	13-14h	14-15h	15-16h	16-17h	17-18h	18-19h	19-20h				
1	0,0	0,0	0,0	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,6	0,4	0,5	0,0	0,0	0,0	7,4			
2	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,8			
3	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,7			
4	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	8,9			
5	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	8,9			
6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,4	0,9	0,4	1,0	0,9	0,8	0,5	0,9	0,7	0,0	0,0	0,0	7,0			
7	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	9,7			
8	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,1	0,0	0,0	8,7			
9	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	0,2	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	7,8			
10	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	9,7			
11	0,0	0,0	0,0	0,4	0,5	0,0	0,9	0,7	0,2	1,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1			
12	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	7,1			
13	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	1,0	0,1	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	7,4			
14	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	0,9	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	8,3			
*15	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,0	0,0	0,0	9,4			
16	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	9,1			
*17	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	9,5			
*18	0,0	0,0	0,0	0,6	0,9	0,6	0,7	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,4	0,0	0,0	0,0	8,0			
*19	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,6			
20	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,1	0,0	0,0	8,8			
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,3	0,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0			
22	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	7,9			
*23	0,0	0,0	0,0	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	8,9			
24	0,0	0,0	0,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7			
25	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,0	0,0	0,0	9,8			
26	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	9,8			
*27	0,0	0,0	0,0	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	9,2			
28																				
29																				
30																				
31																				
Total																				
Média																				

Altura do heliógrafo acima do solo:m

(Ass.):

Consumo residencial do carvão vegetal

O presente questionário tem objectivo de buscar informações acerca do consumo de carvão vegetal, e o valor gasto por semana em uma residência de 4 membros de família.

1. Bairro Beira Cidade Xai-xai Província de Maputo

2. Nome do chefe da família. R: _____

3. O/A Sr/ã. Trabalha? R: sim , não _____

4. Se sim onde trabalha. R: Escola Secundária de Xai-xai

5. Qual o salário mínimo na sua instituição. R: 3.173

6. Quantas pessoas moram nesta casa. R: 4

7. Certamente que tomam banho com água quente. Quantas pessoas usam água quente para o banho.

R: Todos , uma (1) _____, duas (2) _____, três (3) _____, quatro (4) _____

8. Qual é o recipiente que usam para o banho.

R: Bacia de 10l, _____, bacia de 20l , balde de 20l _____, balde de 10l _____

9. Quantas vezes no mínimo tomam banho por dia. 2

R: uma (1) _____, duas (2) , três (3) _____, quatro (4) _____

10. Qual é a quantidade de carvão que usam por dia para cozinhar:

R: (5Kg) _____, (10Kg) _____, (13Kg) _____, (20 Kg) , outro 15 finalizado

11. Que quantidade de carvão usam para aquecer água do banho por dia.

R: aproximadamente (5Kg) _____, (10Kg) _____, (13Kg) _____, (20 Kg) _____, outro 3

12. Por quanto compra o saco de carvão. 350,00

13. Quantos sacos compram por mês. _____

R: uma (1) _____, duas (2) 2, três (3) _____, quatro (4) _____

Consumo residencial do carvão vegetal

O presente questionário tem objectivo de buscar informações acerca do consumo de carvão vegetal, e o valor gasto por semana em uma residência de 4 membros de família.

1. Bairro Hambine, Cidade XAL-XOI, Província de Gaza.
2. Nome do chefe da família. R: _____
3. O/A Sr/a. Trabalha? R: sim , não _____.
4. Se sim onde trabalha. R: SECRETARIA DO GOVERNO
5. Qual o salário mínimo na sua instituição. R: 1.800,00
6. Quantas pessoas moram nesta casa. R: 5
7. Certamente que tomam banho com água quente. Quantas pessoas usam água quente para o banho.

R: Todos , uma (1) _____, duas (2) _____, três (3) _____, quatro (4) _____,

8. Qual é o recipiente que usam para o banho.

R: Bacia de 10l, _____, bacia de 20l , balde de 20l _____, balde de 10l _____.

9. Quantas vezes no mínimo tomam banho por dia. _____

R: uma (1) _____, duas (2) , três (3) _____, quatro (4) _____.

10. Qual é a quantidade de carvão que usam por dia para cozinhar:

R: (5Kg) _____, (10Kg) _____, (13Kg) _____, (20 Kg) , outro _____.

11. Que quantidade de carvão usam para aquecer água do banho por dia.

R: aproximadamente (5Kg) _____, (10Kg) _____, (13Kg) _____, (20 Kg) _____, outro 4.

12. Por quanto compra o saco de carvão. 350,00

13. Quantos sacos compram por mês. 2

R: uma (1) _____, duas (2) , três (3) _____, quatro (4) _____,