

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

DISCIPLINA: Planeamento e gestão de energia

TRABALHO DE INVESTIGAÇÃO

TEMA:

**TESTE DE FOGÃO SOLAR T16**

Curso: Física Aplicada

Discentes:

Mandlate, Paulino Maximiano

Docente:

prof.Dr. Cuamba

Maputo, Dezembro de 2011

## Resumo

A radiação solar como uma fonte de energias renováveis, foi empregada para geração de calor no interior de um fogão solar com reflectores planos cobertos de alumínio para aquecer água, sendo alumínio muito reflector ( $\sim 90\%$ ). Ela sai do sol com uma velocidade da luz e chega a superfície terrestre, com cerca de 51% de radiação aproveitável para aquecer água dentro do fogão. Depois de aquecida calcula – se a potência e verificou – se que ela apresentava muitas flutuações devido ao vento e mudanças da radiação (céu muito nublado a pouco nublado). E calculou – se a eficiência.

## Conteúdo

1.Introdução.....	3
2.Objectivos .....	3
3.Fundamento teórico.....	4
3.1. Radiação solar.....	4
3.2. Interaçção da radiação com matéria .....	8
3.3.Transmissão de calor .....	9
3.4.Ganho de calor .....	12
3.5.Princípio de funcionamento de fogão solar .....	13
3.6.Tipos de fogões solares.....	14
3.7.Norma americana (ASAE S580) para o teste de fogões solares .....	17
3.8.Oficinas de normas da Índia .....	18
3.9.Comité Europeu De Investigação Sobre Colector Solar .....	19
4.Metodologia.....	21
5.Resultados do Teste do fogão T16 usando ASAE .....	22
6. Conclusão .....	25
7.Referencias bibliográficas .....	26

## 1. Introdução

O uso de concentradores para captar a energia solar, quando Arquimedes havia repellido um ataque romano a Siracusa mas somente a partir da década passada se intensificaram os estudos e o desenvolvimento de tecnologias para cozinhas solares segundo Beyer *et al.* 2004 [1]. A ideia de um fogão alimentado por energia solar não é nova. Nem mesmo a utilização de parabólicas para aquecer água é uma descoberta: os vikings ateavam fogo às velas das embarcações inimigas utilizando um equipamento semelhante Beyer *et al.* (2004). Segundo Beyer *et al.* 2004 os primeiros experimentos relacionados com fornos solares tipo caixa para a preparação de alimentos foram descritos por Nicholas de Saussure, a mais de 200 anos, por volta de 1770. Saussure desenhou um fogão que consistia numa caixa retangular isolada e com a parte de cima envidraçada. A tampa da caixa, reflectora, encarrega-se de concentrar a radiação dentro da caixa. Quando essa radiação entra na caixa, é absorvida pelo seu fundo que é pintado de preto, quando é libertada por este, já tem um comprimento de onda infravermelho, o que não permite que volte a passar pelo vidro (este é opaco aos infravermelhos). Este aparelho atinge cerca de 160 °C, conseguindo cozer ou assar qualquer alimento [1]. Nosso estudo centra-se em analisar a potência do fogão (ultimo fogão tipo caixa, introduzido pelo Saussure), que detalharemos nos próximos parágrafos.

## 2. Objectivos

### 2.1. Gerais

- Testar fogão solar consoante a incidência de radiação solar e tendo em conta outros factores como o tempo.

### 2.2. Específicos

- Testar viabilidade técnica de fogões solares, que tem como característica o baixo custo, analisando a sua potência e eficiência de conversão da radiação em calor aquecendo água numa panela com uma superfície negra.

### 3. Fundamento teórico

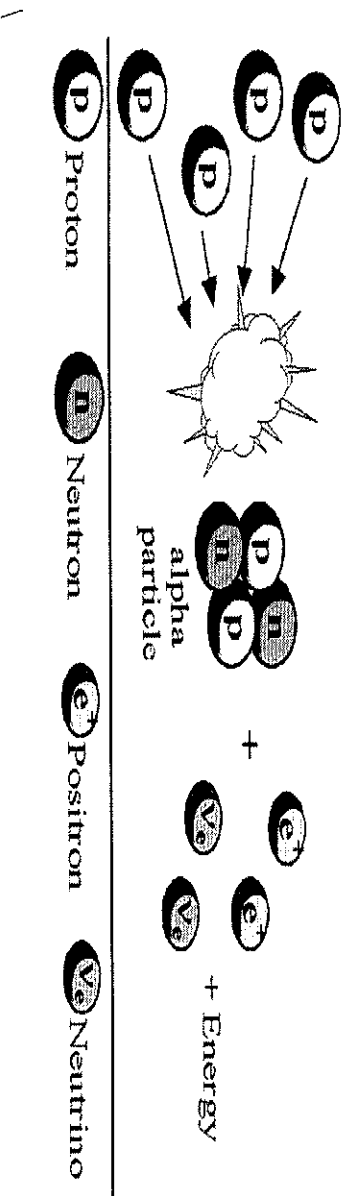
A energia evoluciona no seu uso (fontes e técnicas), inerentemente a elementos como: os socioeconómicos que incluem aspectos como as necessidades, o mercado, o capital disponível, os benefícios, a regulamentação; as culturas como os gostos, satisfação, curiosidades, espírito de sacrifício para alcançar um objectivo, e difusão do conhecimento; os conhecimentos teóricos e científicos.

#### 3.1. Radiação solar

É a energia radiante emitida pelo sol, em particular aquela transmitida por forma de radiação electromagnética onde mais que a metade é emitida como luz visível (47%), e a infravermelha com 46% e a ultravioleta com 7%.

O sol, possui um diâmetro de  $1.38.10^9$ , temperatura 5777K, cerca de 80% de hidrogénio, 20% de hélio, e 0.1% de outros elementos.

Reacção de fusão que ocorre no sol:



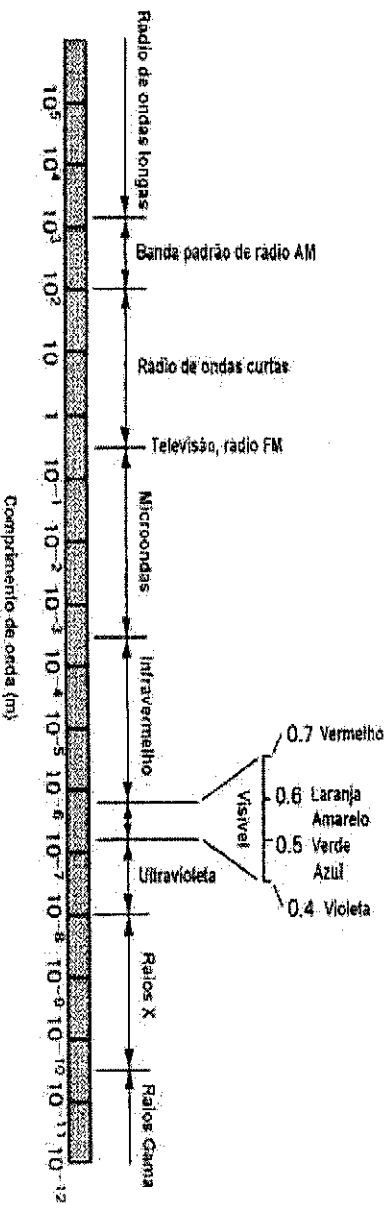
A radiação provem do sol, o sol como um corpo negro emite toda radiação que nele incide, e pode ser descrita pela equação de Stefan Boltman, referida nos próximos parágrafos. A radiação solar, sai, pela teoria electromagnética com um comprimento de onda, uma velocidade da luz de  $3*10^8$  m/s e uma frequência. A frequência da radiação solar é dada pela expressão [1].

$$\nu = c/\lambda \dots\dots\dots (1)$$

c - velocidade da luz

$\lambda$  - Comprimento de onda

O comprimento de onda pode variar, como ilustra o espectro:



Figural : espectro electromagnético [9].

Considerando a terra e sol, a radiação sai (com  $1367W/m^2$ ) do sol em direcção a terra e tomando em conta as partículas existentes na atmosfera terrestre ela pode ser atenuada, ate que chegue a superficie terrestre com  $1000W/m^2$ . Ela interage com a matéria e nessa interacção podem surgir processos de reflexão, emissão e transmissão (neste caso de calor). Este processo pode ocorrer na atmosfera, na biosfera, hidrosfera e na litosfera terrestre a que nos interessa. Limita - se na interacção da radiação solar com a superficie de um fogão solar, onde ocorrem processos de transmissão de calor.

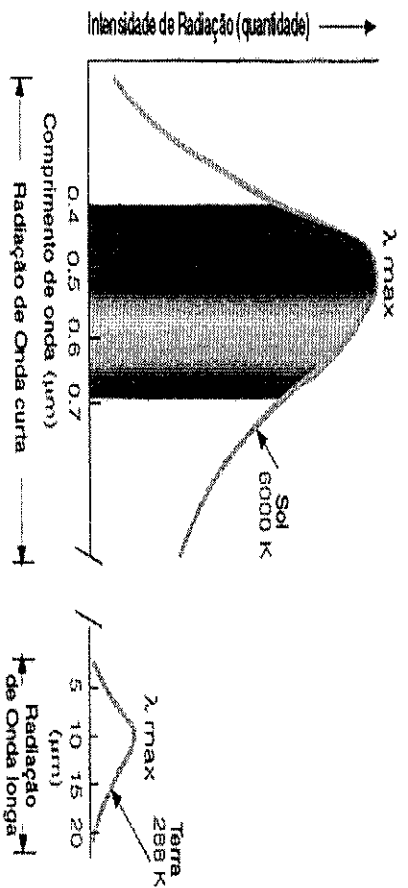


Figura2: distribuição da radiação emitida pela terra e pelo sol [8].

### 3.1.1. Distribuição percentual da radiação solar

#### Espalhamento

As características do espalhamento dependem, em grande parte, do tamanho das moléculas de gás ou aerossóis. O espalhamento por partículas cujo raio é bem menor que o comprimento de onda da radiação espalhada, como é o caso do espalhamento da luz visível por moléculas de gás da atmosfera, é dependente do comprimento de onda (espalhamento Rayleigh), de forma que a irradiância monocromática espalhada é inversamente proporcional à 4ª potência do comprimento de onda. Esta dependência é a base para explicar o azul do céu. E de acordo com Rayleigh pode-se escrever:

$$E = 1/\lambda^4 \dots\dots\dots 2$$

#### Reflexão

Aproximadamente 30% da energia solar é reflectida de volta para o espaço. Neste número está incluída a quantidade que é retro espalhada. 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).

#### Absorção na atmosfera

Quando uma molécula de gás absorve radiação esta energia é transformada em movimento molecular interno, detectável como aumento de temperatura. Portanto, são os gases que são bons absorvedores da radiação disponível que tem papel preponderante no aquecimento da atmosfera.

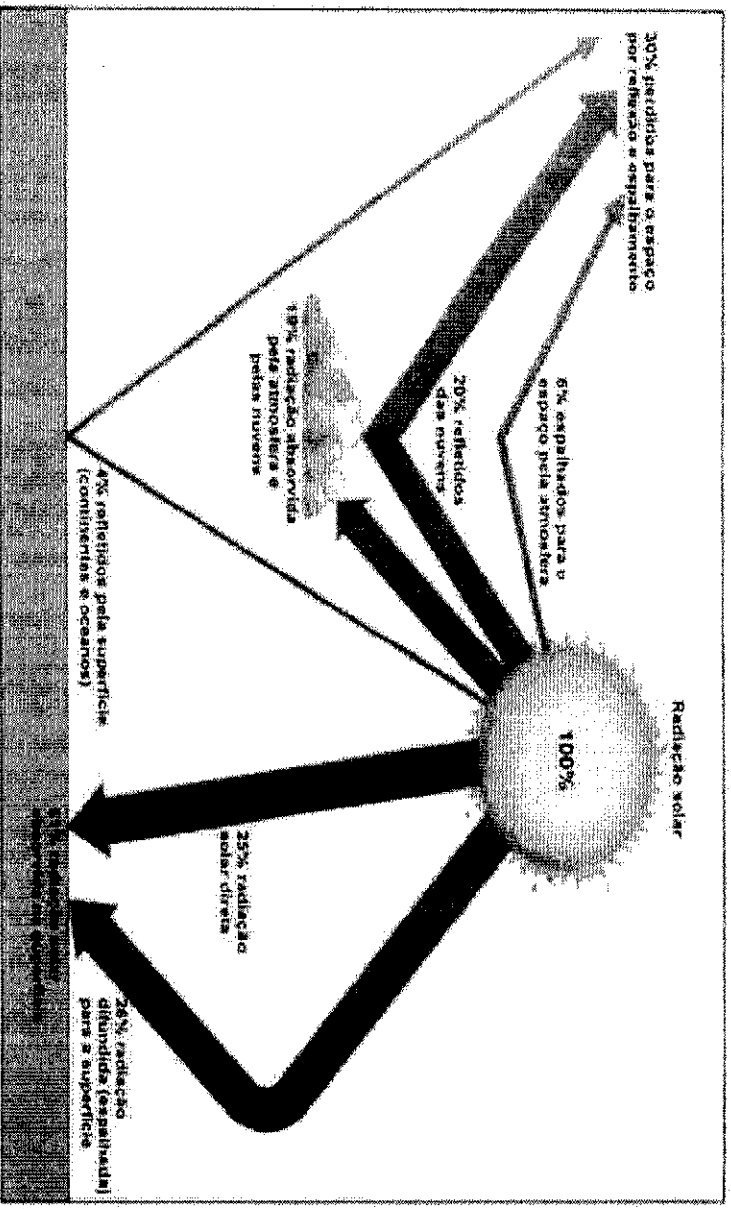


Figura3: distribuição da radiação na terra [9].

Dos 100% da radiação que sai do sol só e somente só 51% (radiação global), pode se aproveitar para o nosso fim. Sendo 25% de radiação directa e 26% de radiação difusa, daí pode-se escrever:

$$I_{\text{global}} = I_{\text{difusa}} + I_{\text{directa}} \dots \dots \dots 3$$

Esta radiação pode ser medida por seguintes instrumentos:

a) Pereliômetro

São usados para medir radiação directa. Ele tem um sensor constituído por duas placas na base de um tubo, enegrecido internamente, uma das quais é aquecida devido a absorção da energia solar e outra o é electricamente. A intensidade de radiação é proporcional a energia gasta para igualar a temperatura da segunda placa a da primeira. Os termopares existentes sob cada placa são conectados, através de um galvanómetro muito sensível e a corrente consumida é medida por miliamperímetro.



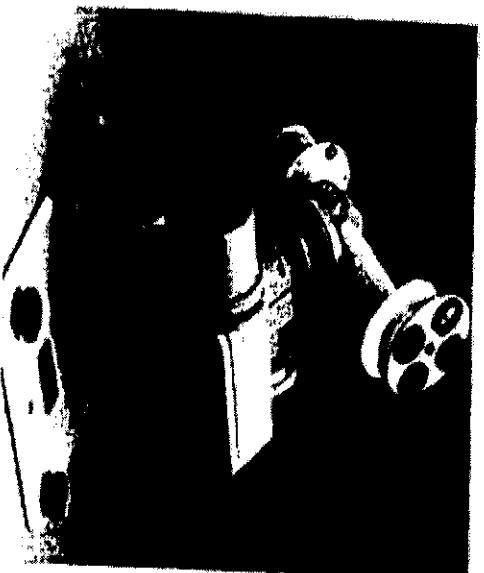


Figura4: imagem de um pereliômetro

b) Piranômetro

São usados para medir a radiação global e estimar a radiação difusa. Na medição da radiação difusa o sensor é protegido da radiação directa por meio de uma faixa de metal curva, cuja inclinação deve acompanhar o movimento aparente do sol na abobada celeste. Para tal aplica-se um factor de correcção sistemático.



Figuras5: Piranômetro (radiação global e difusa respectivamente)

### 3.2. Interação da radiação com matéria

Um corpo negro e todo corpo que absorve toda radiação que nele incide, um corpo pode absorver, reflectir e transmitir a energia que nele incide.

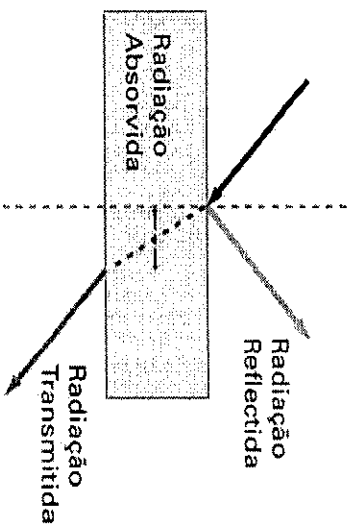


Figura6: interação da radiação com a matéria [8].

Se considerarmos as frações de energia reflectida, absorvida e transmitida relativamente à energia incidente, obtemos, respectivamente, a reflectividade ( $r_\lambda$ ), a absorvidade ( $a_\lambda$ ) e a transmissividade ( $t_\lambda$ ) de um corpo, num determinado comprimento de onda:

$$r = E_{\text{reflectada}}/E_{\text{incidente}} \quad a = E_{\text{absorvida}}/E_{\text{incidente}} \quad e \quad t = E_{\text{transmitida}}/E_{\text{incidente}}$$

A soma das frações é igual a 1, Lei de Kirchhoff.

$$r + a + t = 1 \dots\dots\dots 4$$

No processo de transmissão de radiação, pode ocorrer transmissão de calor, como é o caso do fogão solar.

### 3.3. Transmissão de calor

#### Por condução

Transmissão de calor de molécula para molécula, na presença de um meio material. Ocorrendo de um ponto com maior temperatura para um ponto com menor temperatura, onde partículas mais energéticas fornecem energia as partículas menos energéticas, produzindo assim um fluxo de calor. A equação mostra a lei de Fourier da condutibilidade térmica:

$$q = K_f \Delta T \dots\dots\dots 5$$

$q$  – intensidade de fluxo de calor ( $W/m^2$ )

$K_f$  - condutibilidade térmica

$\Delta T$  – variação da temperatura

### Por convecção

Ocorre num corpo sólido e um fluido em movimento. A transferência de calor ocorre por movimento de massa dentro da substancia em causa, que pode ser produzida por diferença de densidades da matéria.

A quantidade de calor que flui na convecção é directamente proporcional a gradiente de temperatura entre o material sólido e a região do fluido, e é dada pela equação que ilustra a lei de Newton de esfriamento:

$$H = hA(T_A - T) \dots\dots\dots 6$$

Onde:

$h$  – coeficiente de convecção

$T_A$  – temperatura da superfície

$A$  – área da superfície

$T$  – temperatura do fluido

### Por radiação

É independente de um meio material para se propagar, logo a transferência de calor é mais efectiva na atmosfera. Quando atravessa o espaço interplanetário e intercepta a terra possui um comprimento de onda, uma frequência e uma velocidade da luz de  $3 \cdot 10^8$  m/s. Os fótons são emitidos ou absorvidos por matéria, o comprimento de onda relaciona – se com a energia dos fótons, e a lei de Max Plank tem lugar:

$$E = hc/\lambda \dots\dots\dots 7$$

Onde:

$h$  - constante de Plank

$\lambda$  – comprimento de onda

$c$  – velocidade da luz

➤ Qualidade da radiação.

**A condição de transmissão de energia radiante é a existência de um meio transparente a essa onda, com velocidade da luz de 300.000Km/s propagando-se no vácuo.**

**A transmissão tem natureza ondulatória (ondas electromagnéticas) e corpuscular (fótons), sendo assim dualidade onda-partícula.**

Corpos sólidos emitem frequência contínua, sendo assim um espectro electromagnético de ondas contínuas dois espectros são necessariamente importante para perceber processos de transmissão de calor.

O espectro da radiação corresponde a toda radiação emitida por um corpo a 6000 °K.

E o da radiação terrestre, corresponde a radiação emitida por um corpo negro a 300 °K.

➤ Quantidade da radiação electromagnética.

Depende da 4ª da sua temperatura absoluta e das características de emissividade dadas pela lei de Stephan Boltzman.

$$H_r = \epsilon \sigma T^4 \dots\dots\dots 8$$

Onde:

$H_r$  - Irradiância de um corpo (W/m<sup>2</sup>).

$\epsilon$  - Emissividade de um corpo.

$\sigma$  - Constante de Stephan Boltzman (5,67.10<sup>-8</sup>W/m<sup>2</sup>.K<sup>4</sup>).

E pela lei de Wein, que diz que a radiação de um corpo negro de  $\lambda_{\text{max}}$  é inversamente proporcional a temperatura absoluta [10].

$\lambda_{\text{max}} = 2897/T$ .....9

Os três processos de transmissão de calor podem ser ilustrados na figura3:

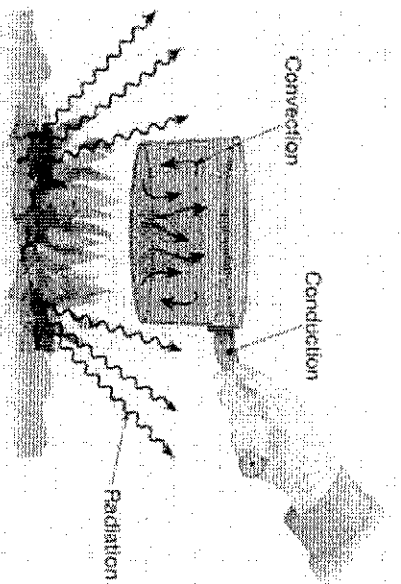


Figura7: mecanismos de transferência de calor

### 3.4. Ganho de calor

O ganho pode ser verificado a partir do efeito estufa quando ocorre aquecimento em espaços fechados nos quais a luz solar passa através de um material transparente (vidro). A luz (visível) passa do vidro e é absorvida e refletida por materiais dentro do espaço fechado [1]. Na qualidade de material de absorção coloca-se uma superfície negra para permitir maior absorção de calor e menor reflexão [4].

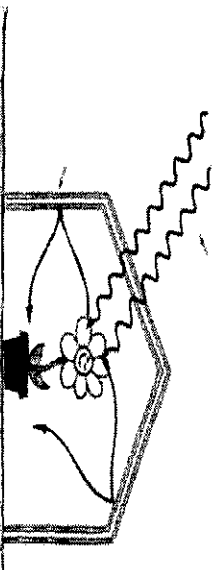


Figura8: efeito estufa [1]

O vidro do princípio tem que ser orientado directamente voltado para o sol para obtermos maior ganho [1];

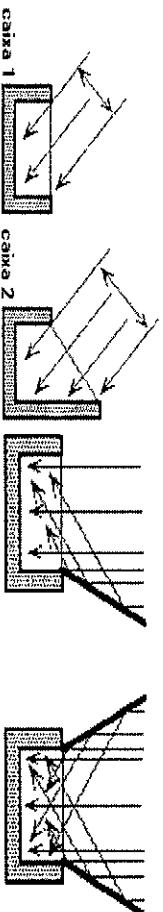


Figura9: orientação do vidro [7]

Mas devido ao ganho adicional produzido pelos reflectores múltiplos que reflectem a luz adicional através do vidro e dentro da caixa solar, verifica-se o efeito de estufa de grande magnitude onde a colocação dos reflectores tem critérios nos ângulos de reflexão que coincide com a latitude [5].

### 3.5.Princípio de funcionamento de fogão solar

O fogão é composto por um vidro colocado encima, uma caixa feita de material isolador, em baixo da caixa no seu interior é colocado uma superfície negra; o fogão é feito de modo que haja minimo de perdas. Nos lados é colocado reflectores planos (3) de modo a reflectir a radiação para o vidro.

Quando a radiação incide ela penetra e uma parte é absorvida pela superfície negra, outra parte é interceptada por partículas existentes no interior do fogão e a última parte é reflectida e sai do interior do fogão. Por um lado a radiação absorvida pela superfície negra produz calor que pela conjugação transmite a panela; por outro lado a radiação intercepta particular e da – se o efeito estufa e a medida que a radiação incide aumenta a camada de efeito estufa produzindo calor. No interior da panela ocorrem colisões entre moléculas aumentando assim a energia pela convecção.

Átomos e moléculas dentro do fogão estão em movimento e colidem entre si, a colisão aumenta a energia e daí a temperatura [6].

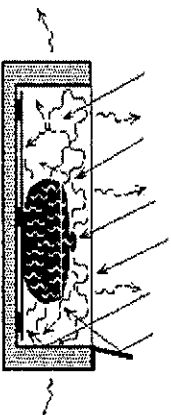


Figura10: coletor solar [1].

### 3.6. Tipos de fogões solares

#### 3.6.1. Tipo caixa

Utiliza o princípio de acumulação dos raios solares que chegam ate o mesmo para serem convertidos na cavidade interior, em energia calorífica. Em vidro transparente permite penetração da radiação solar de onda mais curta no interior do forno, e opaca a maioria de radiação de comprimento de onda mais longa [3].

Procede dos objectos que se salientam no exterior, cujo esquema esta ilustrado na figura:

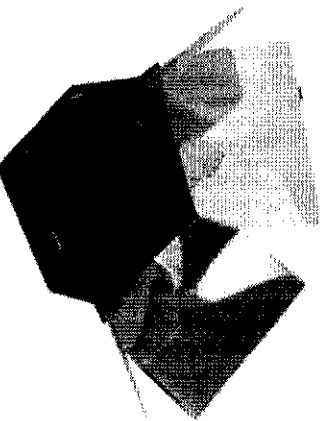


Figura11: tipo caixa [3].

Para uma construção correcta de forno solar temos que levar em conta a necessidade de minimizar o máximo de perdas. Pôs deve se usar isoladores, este material isolador deve ter propriedades mínimas para suportar temperaturas mínimas de 150°C.

A única condição que deve ser cumprida, é deixar passar ondas solares, onde é necessário ter objecto transparente seja vidro ou plástico.

Estes dispositivos podem permitir temperaturas entorno de 150°C a 200°C de máxima dependendo da sua fabricação.

## Vantagens

- Grande independência na hora de cozer alimentos, ou aquecer água evitando que os alimentos possam queimar.
- Minimização de perdas de calor.
- Aproveitamento da radiação que não incide directamente no vidro

## Desvantagens

A sua construção é muito complexa comparando com Cook kit

### 3.6.2. Cook kit

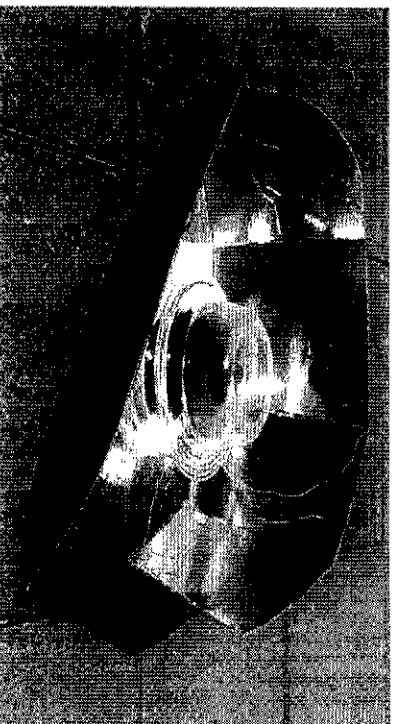
Constitui a forma mais simples de cozinhar com ajuda do sol. Desde ponto de vista de sua construção e uso, nela não há investimento de dinheiro, nem tempo na sua construção.

Constituído por um cartão e papel reflector.

#### 3.6.2.1. Princípio de funcionamento

Esta centrada na concentração da radiação solar independente. Os raios incidem acumulam-se no centro, começando a produção de calor.

Na qualidade de material reflector coloca-se um plástico e o seu interior é revestido de alumínio para permitir maior produção de calor.



Figural2: Cook kit [1].

A concentração dos raios é fácil ver a vista simples, a acumulação de calor não se dá unicamente pela estrutura do colector. No interior do dispositivo serão introduzidos recipientes



com alimentos, que necessitamos cozer, perdas serão muito menores e o tempo de cozer alimentos será reduzido.

A panela colocada deve ser um maior absorvedor. Atingi temperaturas ate  $100^{\circ}\text{C}$  devido a perdas.

#### Vantagens

- Facilidade de uso
- Facilidade de construção
- Facilidade de transporte

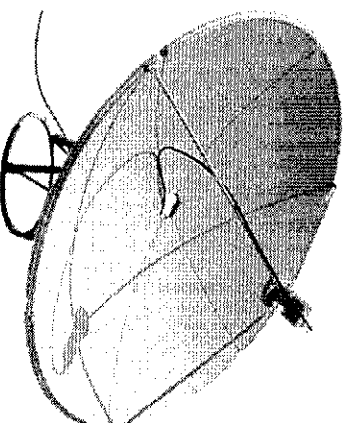
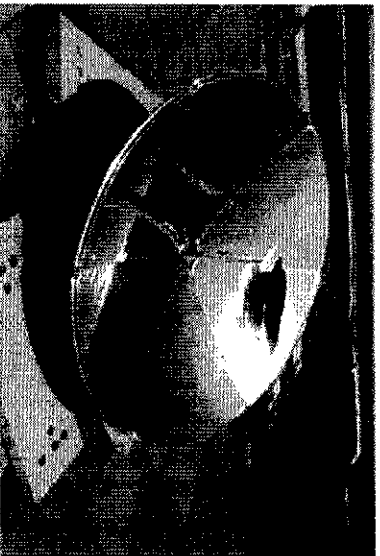
#### Desvantagens

- Cook kit comparado com forno solar é muito lento, atingi temperaturas máximas de  $100^{\circ}\text{C}$ .
- Apresenta muitas perdas quando o vento é de maior velocidade.

### 3.6.3.Fogão solar tipo parabólica

Recebe a designação parabólica, pela sua forma.

Permite captar maior parte dos raios incidentes e estes são concentrados em um mesmo ponto comum, que é denominado como foco.



Figural 3: fogão solar parabólica vs antena parabólica [1].

Este modelo de maior tamanho e menos manejável, compensa qualquer defeito com o seu grau de rendimento térmico, frente a qualquer collector, com iguais condições térmicas.

Este grau de rendimento tem vários factores, como a ampla área de superfície e captação que apresenta, e alto factor de reflexão de materiais que reveste.

### 3.7. Norma americana (ASAE S580) para o teste de fogões solares

ASAE (sociedade americana de engenheiros agrónomos), foi desenvolvido por Dr. Paul Funk e aprovado em 1997 como norma internacional de ensaio para colectores solares. O objectivo, baseia-se nos dados do rendimento que se desprendem dos valores de potência desenvolvidos por cada dispositivo.

A norma Americana, caracteriza-se por conciliar a teoria e dos dados obtidos, são muito significativos na prática comparativa [3].

Quando estiver a fazer ensaio deve cumprir com o procedimento que ela especifica, a citar:

- Devemos registar certos valores que vão ser indispensáveis para o cálculo de potência, os mesmos são a massa de água (Kg) no recipiente, e as capacidades caloríficas respectivas. Partindo desta base e com colector preparado e orientado ao sol, realiza-se a experiência na variação dos parâmetros em 10 minutos de intervalo, onde regista-se a temperatura final e inicial a cada intervalo, assim pode se fazer ate temperaturas altas (ebulição) [3].

$$P = \left(\frac{T_2 - T_1}{600}\right) C \dots\dots\dots 10$$

Onde:

P- Potência do colector

T<sub>2</sub>-temperatura final do líquido

T<sub>1</sub>-temperatura inicial do líquido

C - massa por capacidade calorífica

O resultado da equação é dividido por 600 porque temos que ter em conta o número de segundos por minuto.

A potência precisa pode ser normalizada e teremos que ter em conta outros parâmetros:

$$P_s = \frac{P(700)}{I} \dots\dots\dots 11$$

$P_s$  - Potência normalizada do colector

700-valor normalizado da radiação

I- radiação sobre a superfície do colector

➤ Assim se tivermos que construir um gráfico, teremos linearidade  $P_s$  em função de  $\Delta T$

Para o cálculo da eficiência, temos a expressão:

$$\eta = \frac{P_s}{I A} \dots\dots\dots 12$$

### 3.8. Oficinas de normas da Índia

Os colectores solares, especialmente em modelo de caixa, são mais fáceis de construir e utilizar, o seu rendimento a temperatura de 100 °C, é suficiente para cozer qualquer tipo de alimento. Este dispositivo eleva a população Indiana, sendo ela com recursos limitados em grande parte da população, sem esquecer que é económica.

Esta não se baseia nos valores directos da potência, antes calculam-se os valores das figuras de mérito e a eficiência dos colectores [3].

$$\eta_0 \cdot I \cdot A_a = A U F_{ST} (T_{ST} \cdot T_a) \dots\dots\dots 13$$

$$F_1 = \frac{\eta_0}{(UF)_{ST}} = \frac{A}{A_0} \left( \frac{T_{ST}-T_a}{I} \right) \dots\dots\dots 14$$

Em seguida calcula-se outra figura de mérito, que vai nos dar por aproximação o valor do rendimento óptico do dispositivo colector [3].

Onde:

$\eta_0$  = Rendimento óptico do colector

(UF)<sub>st</sub> = coeficiente global de transferência de calor (estancamento)

A = Área exterior do recipiente [m<sup>2</sup>]

A<sub>a</sub> = Área de abertura do colector [m<sup>2</sup>]

T<sub>st</sub> = Temperatura da placa de absorção (estancamento) [°C]

T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente do ar [°C]

I = Radiação sobre a superfície do colector [W/m<sup>2</sup>]

### 3.9.Comité Europeu De Investigação Sobre Colector Solar

Da um passo adiante na hora de conhecer um dispositivo. Com um espaço mais amplo que os espaços expostos em mesma hora, grande parte do estudo centra na observação de certos factores que ate no dado momento não haviam tido tomado em conta na hora de calcular a eficiência energética de cada colector.

Novos factores a serem estudados, vão desde a segurança do próprio dispositivo, que ate sua facilidade de uso, durabilidade ou relação corte/amortização.

O processo de avaliação dos dispositivos solares que segue a norma gira entorno de lógica de dados obtidos, de forma detalhada, por responsabilidade do estudo. Temos que dados, entorno das horas do meio-dia solar, obtendo assim valores da radiação máxima, em condições meteorológicas ótimas.

Todos ensaios vão se resumir em cinco fases, antes diferentes condições e líquidos em estudo:

1<sup>a</sup> fase

Esquentar água no coletor desde temperatura inicial de  $40^{\circ}\text{C}$ , ate sua temperatura de ebulição ou de estancamento. Orientar o coletor depois de satisfeita esfriar ate  $80^{\circ}\text{C}$ .

#### 2ª fase

Esquentar azeite desde temperatura inicial de  $40^{\circ}\text{C}$  ate a temperatura do estancamento.

Orientar o coletor e a panela ao sol antes do ensaio.

Desorientar a incidência directa dos raios e baixar a temperatura a  $100^{\circ}\text{C}$ .

#### 3ª fase

Repetir primeira fase, sem ter colocado o coletor a esquentar primeiramente.

#### 4ª fase

Repetir 1ª fase com colocação do recipiente de água.

#### 5ª fase

Repetir a primeira fase com um ângulo de incidência menor para que na superfície a radiação atingida seja máxima. Esta prova caracteriza o rendimento do coletor em condições de manhã a tarde [3].

Para a realização destas fases temos que ter em conta:

- Temperatura ambiente  $25^{\circ}\text{C}$ - $35^{\circ}\text{C}$
- Velocidade do vento menor que  $4\text{m/s}$
- Radiação solar global maior de  $800\text{W}/\text{m}^2$

#### **4. Metodologia**

- Para o teste foi usado o fogão TI6, a uma altura de 18m, no departamento de física da UEM.
- Coloca-se água na panela de 3 litros, mede-se a temperatura da água antes de colocar no fogão, e mede-se também a temperatura ambiente.
- A panela é feita de alumínio e depois coberta por uma superfície negra no seu exterior para permitir maior absorção da radiação; depois ela é colocada no interior do fogão que é composto por um vidro, material reflector disposto com uma certa declividade que coincide com a latitude para permitir a incidência normal.
- Quando a radiação incide atravessa o vidro e penetra dentro do fogão e como foi colocado uma superfície negra na parte que assenta a panela e pela convenção, depois de a radiação ser transformada em calor aquece água; e mede-se a temperatura ( $t_0$ ,  $t_1$ ,  $t_2$ ) a cada 10 minutos e a radiação.
- O fogão era ajustado a cada 10 minutos a acompanhar o sol num período compreendido das 9h as 14h.

#### **Materiais de medição**

Termopares – medem a temperatura desconhecida

Piranômetro – mede a radiação global e difusa.

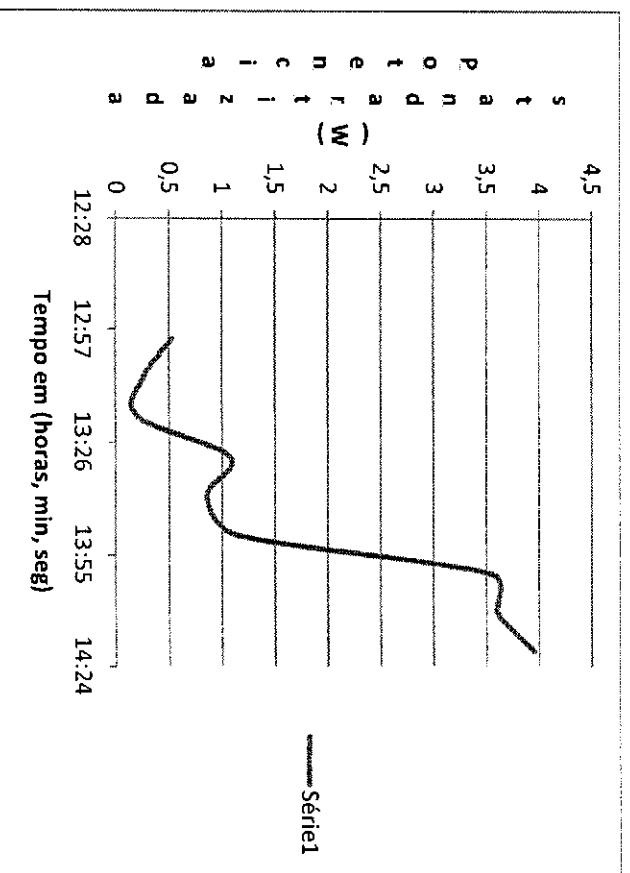
Computador – regista dados da temperatura e da radiação.

## 5. Resultados do Teste do fogão TI6 usando ASAE.

Primeiro dia da experiência

Hora	Tc.1 (C)	Potência Stand. (W)	Radiação(W/m <sup>2</sup> )
13:09	38.93	0.527752	680.19
13:19	39.73	0.26048	671.81
13:29	39.34	0.20512	656.24
13:39	39.04	1.076574	641.87
13:49	38.58	0.85749	822.71
13:59	39.77	1.45099	602.35
14:09	39.63	1.67880	583.19
14:19	38.63	1.50066	564.03
14:29	3807	1.40740	541.28
14:39	37.87	2.33413	517.33
14:49	38.09	4.33304	493.38
14:59	37.88	3.21015	473.02
15:09	37.91	4.20051	470.72

Gráfico 1



Segundo dia

Hora	Tc.1 (C)	Potência Stand. (W)	Radiação(W/m <sup>2</sup> )
10:09	19.93935	1.1285	467.04
10:19	21.11399	4.6173	490.99
10:29	26.10636	3.9516	510.15
10:39	30.59901	7.5445	528.11
10:49	36.81460	4.9195	550.86
10:59	42.85394	5.3388	559.24
11:09	49.50773	7.7179	658.64
11:19	60.83635	3.5448	673.01
11:29	66.15307	3.6030	597.57
11:39	70.93651	4.7789	605.95
11:49	75.13948	4.8878	617.92
11:59	79.91881	4.900	628.70

Gráfico2

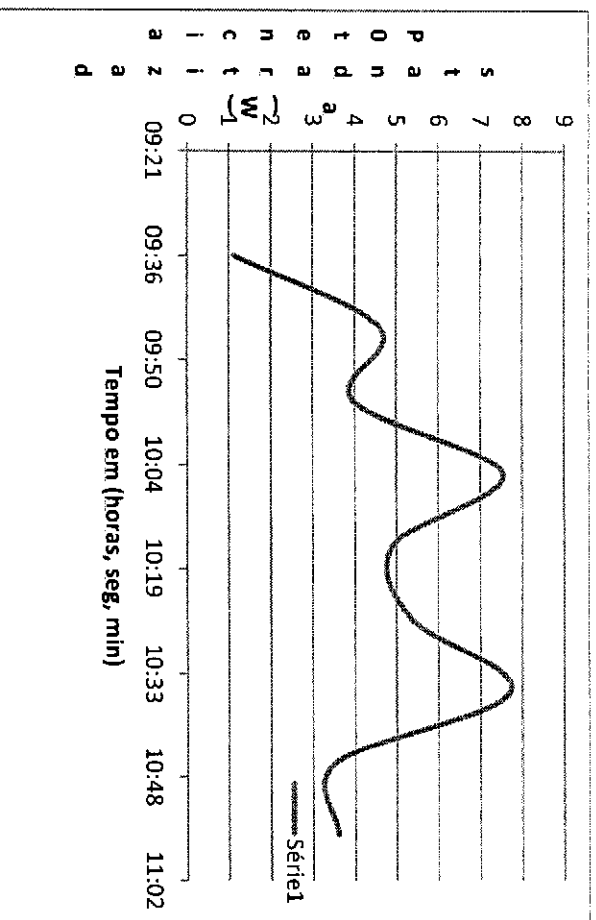
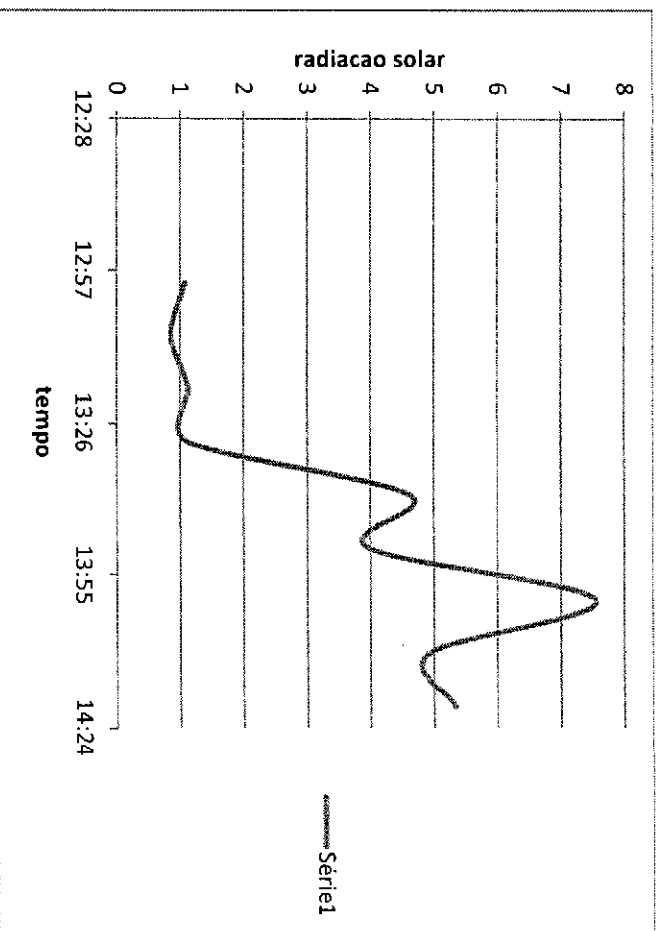




Gráfico3



As horas de medição eram ligeiramente diferentes, o que levou a diferença de temperaturas em todas 3 experiencias.

Os gráficos possuem certas flutuações graças a factores como radiação e vento.

## **6. Conclusão**

Os resultados obtidos oscilam por causa do factor vento e radiação difusa, pôs necessitávamos mais de radiação directa, ela produz maior calor devido a não atenuação e possui uma alta frequência aproveitável para geração de calor. A potência alcançada é muito menor por volta de 3W, a água chegou ao ponto de ebulição no terceiro dia no período das 14h. A eficiência do fogão é de 0.4 menor, o que faz com que ele leve um período longo para ferver água.

## 7. Referencias bibliográficas

- [1] De Moura, Johnson Ponts; Outubro 2007
- [2] Hlliday e Resnick; volume 4
- [3] Magia, Miguel Manchado; junho 2010
- [4] Alonso e Fim; vol. 01; mecanica, 1972
- [5] Duffie and Backman; Solar enginiring of thermal processes.
- [6] Bello, AM.A. Makinde, V. e Journal of American Science
- [7] Prates, Manuel J.Lope ; oficinas de energias renováveis 2002 – <http://www.lnet.pt>
- [8] Equipa Proclira; Junho 2007; modulo3 - [www.proclira.uevora.pt](http://www.proclira.uevora.pt)
- [9] Marlene, Alice - <http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo>
- [10] Rodrigues, Edmundo; conforto térmico das construções.