



## **ELABORAÇÃO DE UM FOGÃO SOLAR E ANÁLISE DA SUA EFICIÊNCIA COM UMA LENTE**

### **ELABORATION OF A SOLAR STOVE AND ANALYSIS OF ITS EFFICIENCY WITH A LENS**

Matheus Rodrigues dos Santos<sup>1</sup>

Matheus Corrêa Leite<sup>2</sup>

Bruno Garcia Felix<sup>3</sup>

Gustavo Barrionuevo Pires<sup>4</sup>

João Luiz Bergamo Zamperin<sup>5</sup>

**RESUMO:** Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um forno solar destacando o crescimento do uso de energias renováveis, com atenção na energia solar, uma fonte abundante e disponível para todos, que pode ser aproveitada de diversas maneiras como: geração de eletricidade e aquecimento, neste artigo adotou-se o cozimento de alimentos. Tendo aspecto primordial a viabilização de energia limpa e renovável para a sociedade, com grande utilização em locais de baixa renda e com grande incidência de raios solares. Juntamente com os fundamentos da óptica nos estudos sobre espelhos côncavos, foi desenvolvido um fogão solar, que funciona a partir da reflexão dos raios solares que convergem para o foco no fundo do recipiente, recebendo uma grande quantidade de calor.

**Palavras Chave:** Fontes renováveis, Energia Solar, Forno Solar

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Unitoledo

<sup>5</sup> Doutor em Engenharia Elétrica, Unesp

**ABSTRACT:** Focus of this study is to present the development of a solar oven highlighting the growth of the use of renewable energies, with attention on solar energy, an abundant supply and available for everyone, which can be leveraged in a variety of ways such as: electricity generation and heating, this article took the food cooking. Having primordial aspect the viability of clean and renewable energy to society, with great use in low-income and locations with high incidence of solar rays. Along with the basics of optics in studies on concave mirrors, was made a solar oven, which works from the reflection of the Sun's rays that converge in the focus on the bottom of the container, getting a lot of heat.

**Key-words:** Renewable Sources, Solar Energy, Solar Oven

## 1. INTRODUÇÃO

As questões relativas ao meio ambiente estão sendo amplamente discutidas atualmente seja na área de preservação ou em novas tecnologias.

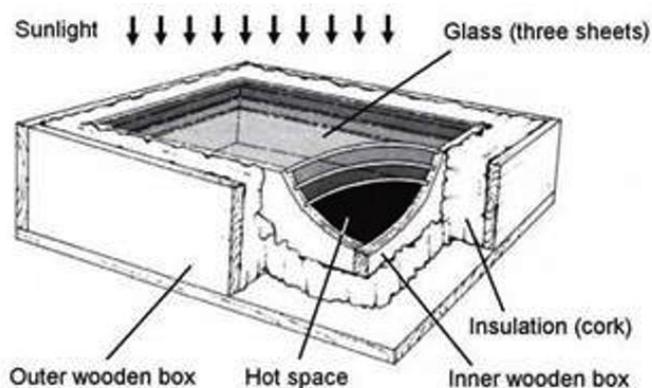
Dentre essas tecnologias temos as fontes de energia renováveis, em destaque a energia solar, que vem sendo amplamente utilizada em diversos países do mundo, em especial nas regiões mais carentes e afastadas.

A energia solar é bem vantajosa, já que pode ser explorada pelas massas, podendo até ser aplicada como tecnologia social. De acordo com Palz (2002) existe uma necessidade social do uso de técnicas que permitam a pequenas comunidades obterem energia de forma descentralizada, especialmente nos países em desenvolvimento.

A origem dos fornos solares se deu em meados de 1767, criado por Horace Benedict de Saussure, considerado o avô da energia solar, que construiu uma pequena caixa solar isolada com lã e contendo três camadas de vidro, entre outros inventos relacionados com esta fonte. Sendo descritos os primeiros experimentos por Nicholas de Saussure no cozimento de alimentos, se mostrando muito eficaz para a função, chegando a alcançar 190° F (88°C).

A figura a seguir mostra o esquema do forno solar desenvolvido por Horace de Saussure.

FIGURA 1: Forno solar de Saussure



Fonte: ENERGY PROFESSIONAL (2017)

Os fogões solares só começaram a evoluir em 1950,

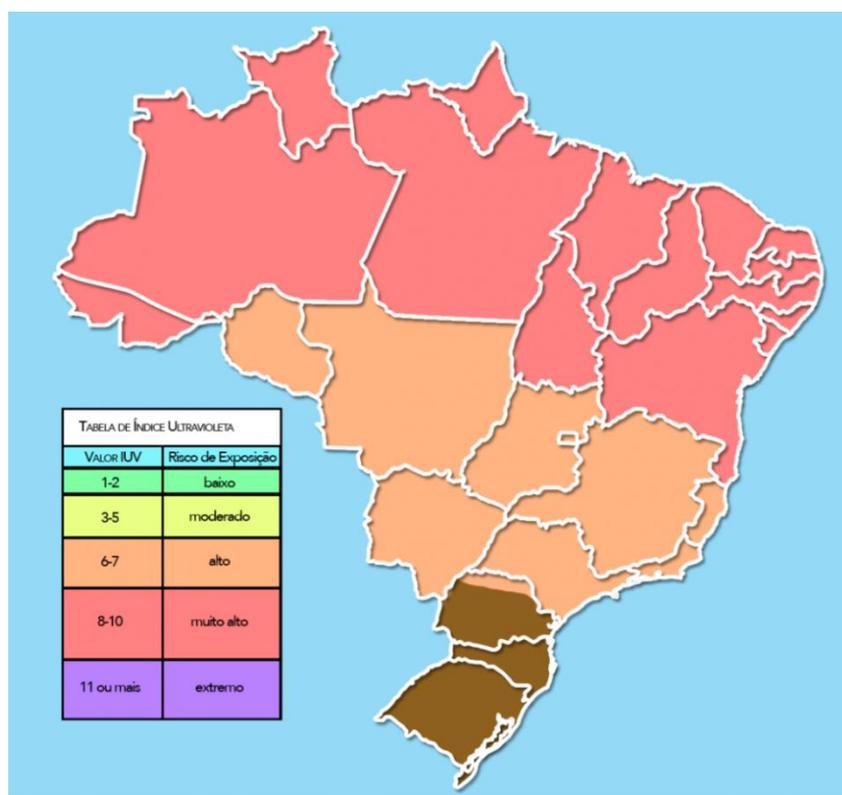
- Em 1830, o astrônomo britânico John Herschel utilizou uma cozinha solar de sua invenção durante sua viagem ao sul da África;
- Em 1860, na Argélia, Mouchot cozinhou com um forno solar concentrando os raios solares sobre uma pequena panela;
- Em 1881 Samuel Langley utilizou um forno solar durante a ida ao monte Whitney, nos EUA;
- Charles Abbot desenhou um projeto e conseguiu alcançar com este uma temperatura de 200°C, que conservava calor por várias horas após o sol se pôr, e com isso, ele conseguia cozinhar alguns alimentos durante a noite;

A associação *Solar Cookers International* promoveu a Primeira Conferência Mundial sobre a Cozinha solar em 1992, que foi um acontecimento histórico que reuniu participantes de 18 países, repetindo-se em 1995, 1997 e recentemente em 2006, na Espanha (SOLAR COOKING 2016).

Hoje no sertão brasileiro, muitas comunidades carentes utilizam a lenha como combustível para preparar seus alimentos, porém a mesma se encontra cada vez mais distante e difícil de se encontrar devido a grande devastação da mata. Tendo isso em mente, estuda-se a possibilidade de aplicação de fornos solares nessas regiões, sendo o Brasil um país de grande motivação para elaboração desse projeto, devido a sua grande

incidência de radiação solar, que pode ser visto pela FIGURA 2, além de a energia solar ser uma fonte vasta, limpa e viável à todos.

FIGURA 2: Índice de radiação no Brasil



Fonte: TEMPO AGORA (2017)

## 2. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um forno solar com matérias recicláveis e de sucata, busca ainda, demonstrar a sua viabilidade, custo-benefício e os

testes realizados de acordo com as leis da óptica de reflexão em espelho côncavos. Dando importância de sua utilização como fonte de energia alternativa para o cozimento de alimentos em especial nas regiões afastadas e carentes.

### **3. METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do fogão foram utilizados os seguintes itens;

#### **3.1 Materiais**

- 1 Antena de TV – (sucata)
- 1 Espelho de 1 m<sup>2</sup>, cortado em pedaços com 4 cm<sup>2</sup> - Custo de R\$ 60,00;
- 1 Rolo de fita adesiva refletiva – custo de R\$ 6,90;
- 1 Rolo de fita dupla face – custo de R\$ 40,00;
- 1 Recipiente de Alumínio;
- 1 Lupa;
- 1 Termômetro digital de superfície para coleta de dados;

#### **3.2 Processo de construção**

Inicialmente foi feita a limpeza da superfície da antena, onde uma fita adesiva de face lisa e refletiva foi inserida com intuito de melhorar a aderência da fita dupla face e para suprir alguma dispersão de luz entre as juntas dos espelhos. Colada a fita dupla face no decorrer da superfície côncava, onde foi colocado os espelhos um a um sobre a fita dupla face mantendo o mínimo de espaço entre eles para uma melhor eficiência, como mostrado na FIGURA 3.

FIGURA 3 (A, B) – Construção do forno solar



(A)

(B)

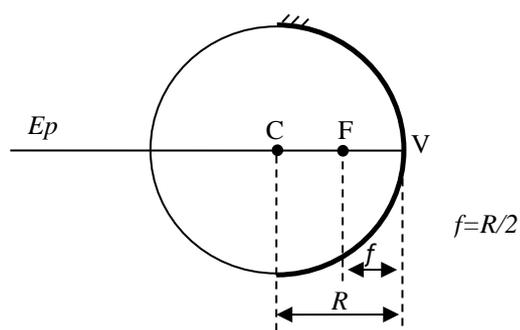
Fonte: Próprio autor

Foi realizado um teste para determinar a região focal do forno e foi desenvolvido um suporte para colocar o recipiente de alumínio. Em seguida, o forno foi submetido a um experimento de coleta de dados, onde passou por um dia de teste em que foram coletados os dados de temperatura do ambiente com o termômetro de superfície, temperatura do recipiente, temperatura da água, umidade do ar, hora e temperatura do ambiente coletando dados do site *Clima Tempo*.

As realizações dos testes partiram dos fundamentos de óptica, dos estudos sobre espelhos côncavos, o qual se utiliza um disco parabólico espelhado que proporciona uma captação dos raios solares e reflete boa parte deles para uma região específica chamada de foco. A taxa de concentração determina a relação entre a posição do disco e as temperaturas a serem atingidas no fluido de trabalho. Justificando o ajuste do refletor ao longo do dia, com intuito de absorver a maior quantidade de raios luminosos incidentes em paralelo a normal.

Um espelho côncavo corresponde a uma semiesfera onde a porção interior desta é espelhada de tal forma a refletir os raios incidentes. Ao traçar o eixo imaginário normal sobre centro esférico em direção a calota, consegue-se determinar o vértice do espelho. Este é o ponto equidistante às extremidades da mesma como observado na FIGURA 4.

FIGURA 4: Elementos geométricos do espelho côncavo



### Principais elementos

C: centro da curvatura

$f$ : distância focal

F: foco principal

R: raio da curvatura

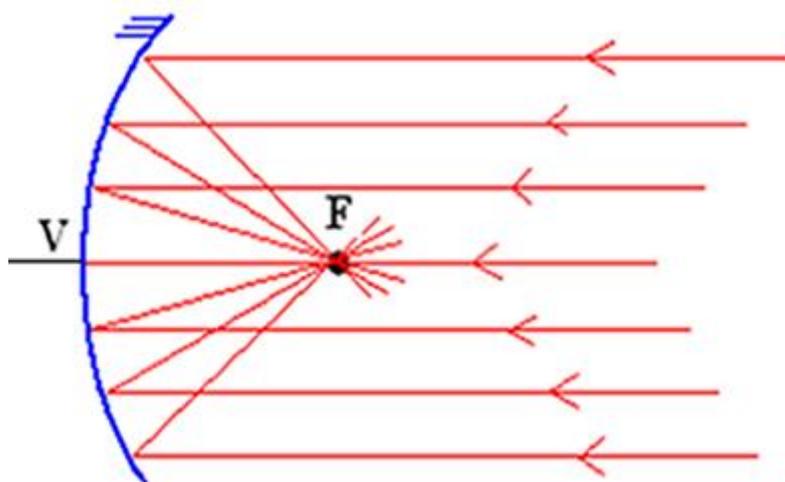
$Ep$ : eixo principal

V: vértice do espelho

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

No momento que um raio de luz paralelo a normal incide sobre a superfície polida ele é refletido sobre o eixo, e converge sobre um ponto médio entre o centro e a curvatura do espelho, chamado foco, conforme a FIGURA 5.

FIGURA 5: Raios paralelos incidentes no espelho côncavo

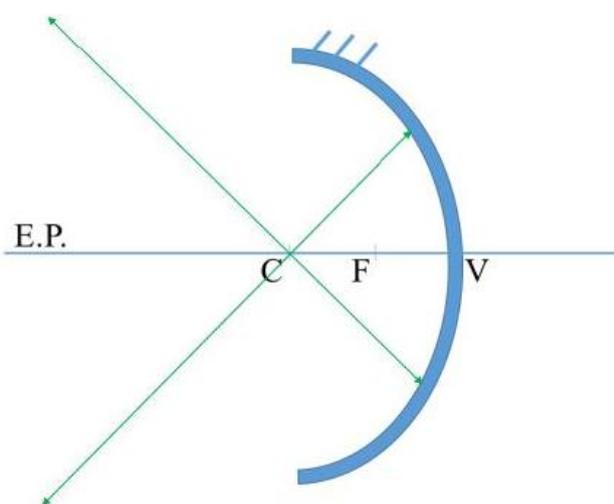


Fonte: MUNDO EDUCAÇÃO (2017)

Desta forma tem-se a distância focal como a metade do raio da esfera. Devido aos princípios de reversibilidade dos raios luminosos é correto afirmar que o raio o qual incide sobre o foco é refletido de forma simétrica a normal. Este princípio é aplicado integralmente a este estudo.

Outra forma de incidência dos raios é quando estes passam sobre o centro de curvatura da calota. O raio incidente reflete sobre si mesmo e tal comportamento valida os fundamentos ópticos previamente estabelecidos como observado na FIGURA 6. (HALLIDAY, 2009).

FIGURA 6: Raios incidentes no centro da curvatura da calota



Fonte: Adaptada do (HALLIDAY 2009)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 a seguir mostra os dados levantados no experimento e os dados do Clima Tempo (Araçatuba dia 29/09/2017).

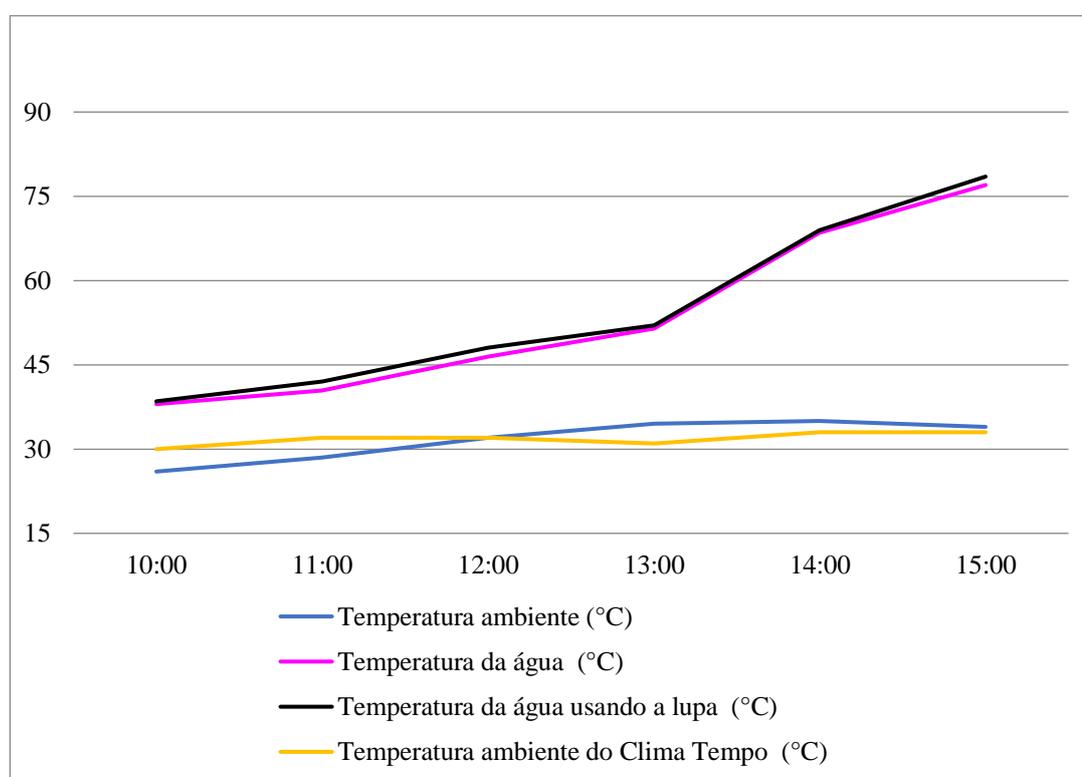
Tabela 1 – Tabela de Dados do experimento

Hora	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
Temperatura ambiente (°C)	26	28,5	32	34,5	35	34
Temperatura da água (°C)	38	40,4	46,5	51,5	68,5	77
Temperatura da água usando a lupa (°C)	38,5	42	48	52	69	78,5
Temperatura ambiente do Clima Tempo (°C)	30	32	32	31	33	33

Fonte: Elaborada pelo próprio autor

Mediante aos dados adquiridos, estabeleceu-se a Figura 7, onde foi utilizado uma lupa para aumentar o foco e a temperatura na região foca do espelho côncavo.

FIGURA 7- Temperatura x tempo (°C)



Fonte: Elaborado pelo próprio autor

A partir dos dados obtidos com o experimento, percebe-se que no período de tempo das 10h às 13h, não se obtém uma elevada temperatura da água, que pode ser explicado devido a angulação de incidência de radiação no fogão solar, não convergindo para o foco (panela) devido o ângulo do fogão ser fixo; das 13h às 15h, nota-se que uma variação da temperatura consideravelmente alta em relação a outros horários ao longo do dia, tendo em mente que a temperatura ambiente ao longo do dia não houve grandes variações, não tendo

grande influência na temperatura da água, logo teve melhor aproveitamento da incidência solar durante esse período.

Como no desenvolvimento do fogão foram utilizados vários espelhos de pequenas áreas, têm-se um maior número de focos, porém sendo os espelhos planos e a superfície do fogão côncava, não foi possível atingir uma angulação perfeita, causando algumas dispersões dos raios, e gerando pequenas folgas entre os espelhos, assim então, não obtém-se sua eficiência no ápice. Outro fator que influenciou no experimento, foi a dispersão dos raios luminosos, seja pelos espelhos, como comentado anteriormente, ou pela absorção de calor por meio da antena.

Percebe-se que utilizando a lupa no experimento, foi possível aumentar a concentração dos raios na região focal, o que refletiu na temperatura do fluido, que aumentou em pequena escala em relação ao teste sem a mesma. Houve uma certa dificuldade em posicionar o recipiente na região focal do forno, no período das 11h às 13h, houve maior dificuldade, devido ao foco encontrar-se numa região mais complicada para posicionamento do suporte utilizado. Associando a lupa, concentrou-se de certa forma os raios solares refletidos pela antena, no entanto, não houve grande variação, a temperatura aumentou em torno de 3 a 4%, nota-se que mesmo em pequena escala, ela refletiu favoravelmente na eficiência do forno.

## 5. CONCLUSÕES

O forno solar mostrou eficácia para o fim de cozimento de alimentos, mostrando uma eficiência em razão de proporcionar uma concentração dos raios solares em um foco. Notou-se uma vez regulado o ângulo do forno em relação ao Sol os índices de concentração solar foram bem satisfatórios e otimizado a um nível de 4% com o uso da lupa, tendo com vista que para projetos futuros o desenvolvimento de uma base para permitir uma maior facilidade e estabilidade na operação de movimento para ajuste de foco e desenvolver um modelo de forno solar com materiais reutilizáveis e de sucata para pessoas carentes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, Arnaldo Moura. **Aplicações térmicas da energia solar**. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 1998. 129 p.

COMETA, Emilio. **Energia Solar: aquecedores de água**. João Pessoa: Editora Hemus, 2004. 127 p.

ENERGY PROFESSIONAL. Disponível em: <<http://energyprofessionalsymposium.com/img/1189/image757.jpg>>. (Acessado em 30/09/2017).

FARIAS, Leandro Alves et al. **Investigação Experimental da Geração de Energia Elétrica Solar Fotovoltaica**: Natal, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. Volume 4. 8º edição. Editora LTC, 2009.

MUNDO EDUCAÇÃO. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/images/espelho-concavo.jpg>> (Acessado em 30/09/2017).

PALZ, Wolfgang. **Energia Solar e Fontes Alternativas**. São Paulo: Editora Hemus, 2002. 358 p.

SAUSSURE, H. Solar cooker. **Horace de Saussure and his Hot Boxes of the 1700's**. Disponível em: <<http://solarcooking.org/saussure.htm>> (Acessado em 30/09/2017).

SOLAR COOKERS INTERNATIONAL.ABOUT SCI. Disponível em: <<http://solarcooking.org/>> (Acessado em 30/09/2017).

SOLAR COOKING WIKIA. **History os Solar Cooking**. Disponível em: <[http://solarcooking.wikia.com/wiki/The\\_history\\_of\\_solar\\_cooking](http://solarcooking.wikia.com/wiki/The_history_of_solar_cooking)> (Acessado em 30/09/2017).

TEMPO AGORA. Disponível em: <<http://www.tempoagora.com.br/wp-content/uploads/mapa-ultravioleta-1019x1024.png>> (Acessado em 30/09/2017).