



Departamento de Engenharia Mecânica  
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)/2021.1

## FOGÃO SOLAR PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS

**Arnaldo Eugênio de Andrade Filho**

arnaldoandrade@live.com

**Luiz Guilherme Meira de Souza**

lguilherme@dem.ufrn.br

**Resumo.** *Apresentam-se os processos de fabricação, montagem e operação de um fogão solar do tipo parabólico a partir de uma antena parabólica em desuso. Tal dispositivo foi produzido com materiais de baixo custo, visando sua disseminação nas famílias brasileiras, sobretudo no nordeste brasileiro, onde há uma maior disponibilidade da energia solar. São apresentados a cocção de alimentos da cultura nordestina, bem como os parâmetros de avaliação do protótipo proposto, principalmente em relação ao tempo de cozimento. São também apresentados os resultados das cocções, assim com o tempo de ebulição da água, dos alimentos e temperatura de foco na panela com intuito de demonstrar-se a viabilidade da construção e uso do fogão sustentável e de baixo custo para as famílias carentes brasileiras. O fogão solar apresentou tempos de cocção para alimentos como feijão, arroz, macarrão, macaxeira, inhame, carne e outros, competitivos com outros fogões já estudados.*

**Palavras chaves:** *Energia solar, fogão solar, cocção, baixo custo, famílias carentes.*

### 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos é visível a preocupação mundial em relação a energia sustentável, visto que cada vez mais torna-se inviável esse tipo de tecnologia já ultrapassada, tanto para a geração atual quanto para as futuras. Nesse sentido, existe uma tendência cada vez maior da busca por energia renovável, sobretudo do Sol, que é a fonte de todas as outras energias.

A verdade é que todos os combustíveis fósseis começaram como luz solar. A energia solar é por excelência a mais ecologicamente correta. Trabalhando como um imenso reator à fusão, o sol irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado, incomparável a qualquer outro sistema de energia. O sol irradia anualmente o equivalente a 10 mil vezes a energia consumida pela população mundial neste mesmo período. Apesar do seu grande potencial para gerar energia, o sol ainda não é referência no contexto elétrico brasileiro (RAMOS, 2011).

Nesse sentido o presente trabalho visa apresentar uma forma de energia renovável útil e de baixo custo, capaz de ajudar principalmente, as famílias carentes brasileiras, através de fogão solar do tipo parabólico, que é a base de estudo desse projeto.

Em nível mundial, entidades como a Unesco desenvolvem e financiam projetos visando o uso de fogões solares na África, principalmente no Zimbabué e no Quênia (Souza et al., 2009). No Quênia, por exemplo, a entidade Solar Cooking International financiou um programa que culminou na construção deste tipo de dispositivo beneficiando mais de 15 mil famílias residentes em um campo de refugiados. No Peru encontra-se em andamento um projeto semelhante que envolve a participação de jovens, propiciando também, acesso à saúde e educação para as famílias envolvidas (Souza et Al., 2009).

Tendo em vista que um botijão convencional de gás custa cerca de 9% do salário mínimo vigente e que grande parte da população brasileira vive com menos que um salário, esse tipo de tecnologia que substitui o gás, além de não agredir o meio ambiente, é um atrativo financeiro para as pessoas de baixa renda.

Metade dos brasileiros sobrevive com apenas R\$ 438 mensais, ou seja, quase 105 milhões de pessoas têm menos de R\$ 15 por dia para satisfazer todas as suas necessidades básicas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os resultados são referentes à renda média real domiciliar per capita de 2019, apurada pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: Rendimento de todas as fontes 2019 (UOL, 2020).

A partir dos dados citados fica claro a importância de políticas públicas para pessoas de baixa renda. É com esse intuito que o seguinte trabalho procura expor a facilidade de uma construção de um fogão solar, bem como seu baixo custo de fabricação, provando que é viável para as famílias brasileiras.

O projeto desenvolve uma série de experimentos de temperatura em torno do fogão e cocção de alimentos, sobretudo, da cultura nordestina, onde se encontra o maior número de pessoas pobres do país e também onde é a maior incidência solar do país, visto que é o combustível para bom funcionamento do fogão.

## 2. FOGÕES SOLARES

O primeiro forno solar foi construído pelo naturalista francês Horace Bénédicte de Saussure no ano de 1767. O seu filho, Nicolas Théodore de Saussure, conduziu os primeiros experimentos com o forno solar. O forno solar construído por Saussure foi construído com duas caixas de madeira de pinho uma colocada no interior da outra, com um isolamento de lã e coberto por três camadas de vidro. Este forno chegou a 90 °C (SARMENTO, 2015).

Os fogões solares são dispositivos que utilizam a luz solar para cozinhar, fritar e assar alimentos. Segundo a literatura foram encontrados cinco tipos de fogões solares, são eles: Fogão solar do tipo painel, fogão solar do tipo caixa, fogão solar do tipo parabólico, fogão solar do tipo funil e coletores de placas aplicado à cozinha. Todos esses dispositivos têm característica comum a ausência de combustíveis fósseis para seu funcionamento, necessitando apenas da energia do Sol como combustível.

### 2.1. Fogão Solar Do Tipo Pannel

O forno solar de painel é um forno solar composto por painéis com superfícies reflexivas e são posicionados de forma que os raios solares sejam concentrados em uma panela. Esta panela deve estar coberta por um recipiente de acrílico ou vidro para evitar a perda de calor por convecção (SARMENTO, 2015).

São os mais fáceis de serem construídos e mais baratos, porém são os menos eficientes, chegando até temperaturas em torno de 100°C. Geralmente construído com material de papelão com revestimento interno de material reflexivo tais como papel alumínio, poliéster metalizado, folhas de alumínio polido. Esse fogão é simples, barato e fácil de manusear. Por ser de fácil montagem e desmontagem, podem ser bastante úteis em viagens. A Figura 1 mostra um fogão solar do tipo painel em operação.

Figura 1: Fogão solar do tipo painel.

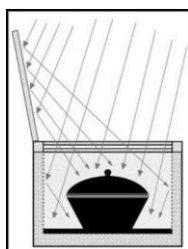


Fonte: INSTEADING (2021).

### 2.2. Fogão Solar Do Tipo Caixa

Como o próprio nome sugere, este forno tem um formato de uma caixa. A caixa contém isolamentos térmicos por toda a parede e possui um vidro ou algum material transparente em sua extremidade superior. As paredes internas do forno são revestidas por um material reflexivo com exceção do fundo onde é colocada uma chapa de metal pintado de preto (FILHO, 2011). Esses fogões em formatos de caixa podem ser de diferentes materiais, tal como papelão, madeira, plástico, chapa. Por poderem ser construídos a partir de materiais recicláveis, também são de baixo custo e podem atingir mais de 100°C de temperatura, tornando-o mais eficiente do que o fogão solar do tipo painel. A Figura 2 mostra um fogão solar do tipo caixa em operação.

Figura 2: Fogão solar do tipo caixa.



Fonte: SEMPRE SUSTENTÁVEL (2021).

### 2.3. Fogão Solar Do Tipo Parabólico

São fogões que captam a radiação solar e a concentram numa região focal, onde se posiciona o absorvedor ou forma, promovendo a cocção dos alimentos. Para que façam essa captação e reflexão da luz solar necessitam de refletores, geralmente espelhos distribuídos em uma superfície de forma côncava (SOUZA, 2014)

Esses fogões possuem os melhores rendimentos, porém são mais complexos e de maior custo em relação aos anteriores, já que necessitam de espelhos refletores e de apoio para uma panela.

Seu funcionamento é bem simples: com uma concha espelhada no formato de uma parabólica, recebe e reflete os raios solares concentrando-os em um único ponto, onde será colocado um recipiente para aquecer seu conteúdo. SEMPRE SUSTENTAEL (2021).

Fogões solares do tipo parabólico podem passar dos 300°C, seu tempo de cozimento é bem mais rápido comparado aos anteriores, porém necessita de ajuste para que a parabólica acompanhe a trajetória do Sol a cada 30 minutos e esse equipamento pode ser instável a ventos fortes. A Figura 3 mostra um fogão solar do tipo parabólico em operação.

Figura 3: Fogão solar do tipo parabólico.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAEL (2021).

### 2.4. Fogão Solar Do Tipo Funil

Esse modelo de forno solar é simplesmente um funil construído com material reflexivo e no centro coloca-se uma panela preta dentro de um vidro ou saco para assar comida em forno (para fazer o efeito estufa) (SEMPRE SUSTENTAVEL, 2021).

O funil funciona como coletor e redirecionador dos raios solares para o centro e para o fundo, que é onde colocamos o vidro com a panela preta dentro. Por ter uma área coletora maior que o forno tipo caixa e por ter o formato de um funil, esse modelo se torna mais eficiente, além de ser extremamente fácil de confeccioná-lo (SEMPRE SUSTENTAVEL, 2021). A Figura 4 mostra um fogão solar do tipo funil em operação.

Figura 4: Fogão solar do tipo funil.



Fonte: SEMPRE SUSTENTAEL (2021).

## 2.5. Coletores De Placa Aplicado A Cozinha

São cozinhas que promovem o assamento do alimento por meio de aquecimento através de coletores de placa plana. Esses coletores aquecem algum fluido de trabalho como óleo ou ar (LION, 2007)

Os coletores de placa aplicado à cozinha tem a vantagem de não ser necessário a reorientação do Sol para seu funcionamento. Não produzem chamas, não oferecendo risco de incêndio. Tem a possibilidade de se cozinhar na sombra e podem ser feitas de grandes tamanhos, podendo atender instituições, hotéis, etc. Porém seu custo não é tão barato quanto os fogões anteriores, não sendo viáveis para experimentos acadêmicos. A Figura 5 mostra um fogão solar do tipo placa plana em operação.

Figura 5: Coletor de placa plana aplicado a cozinha.



Fonte: Lion (2007).

## 3. METODOLOGIA

O fogão em questão, do tipo parabólico, foi produzido a partir de sucata de antena parabólica de 1 metro de diâmetro, com área de reflexão solar em torno de 0,78 m<sup>2</sup>. A Figura 6 mostra o fogão solar parabólico fabricado em operação.

Os processos de fabricação e montagem do fogão solar parabólico estudado compreenderam as seguintes etapas, descritas a seguir.

1. **Corte dos espelhos** - Nessa etapa, foi utilizado um cortador de vidro, esquadro, régua de aço e caneta hidrocor para a marcação antes dos cortes. Os pedaços de vidro com área de 25 cm<sup>2</sup> foram cortados em quadrados de tamanho 5cm X 5cm. Primeiro foram feitas tiras com largura de 5cm, e depois de várias tiras cortadas, começou-se o corte dos quadrados.
2. **Colagem dos espelhos** – Utilizou-se cola do tipo fixa vidro para a fixação dos espelhos. Nessa etapa foi feita uma linha no centro da superfície refletora e a partir dela começou a colagem dos espelhos.
3. **Confecção da estrutura** - Na estrutura que sustenta a parábola, é necessário que se tenha uma articulação que se movimente conforme sua posição em relação ao Sol para que o foco não saia da panela.
4. **Pintura da estrutura** - A pintura é de extrema importância, pois garante maior durabilidade estrutural em detrimento a ações de forças externas como Sol, chuva, vento, humidade, etc. Essa etapa foi concluída com ajuda de um compressor para soprar as peças, pincel e pistola para pintalas. Uma observação importante nessa etapa é que a parte que sustenta a panela foi pintada de preto, diferentemente de alumínio pintada no restante, a fim de garantir uma maior absorção de calor na parte que vai sustentar a panela.
5. **Montagem do equipamento** – Nessa última etapa, foi montado o equipamento em área livre de sombra e com espaço para articulação. É importante frisar que nesse último passo foi importante pintar o fundo da panela de preto para garantir uma maior absorção do raio solar.

A Figura 6 mostra as etapas do processo de montagem do fogão solar parabólico à concentração proposto e estudado, ressaltando a reutilização de materiais.



Figura 6: Etapas do processo de montagem do fogão solar parabólico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O local de fabricação do fogão foi em uma oficina doméstica, onde a maioria dos materiais utilizados já estavam disponíveis, excetuando-se os materiais da Tab. 1, que foram adquiridos.

Tabela 1: Materiais comprados e seus devidos preços.

<b>Materiais Comprados</b>	
<b>Material</b>	<b>Preço</b>
1 m <sup>2</sup> de vidro	R\$ 90,00
1 tubo de cola fixa vidro	R\$ 27,90
1 cortador de vidro profissional	R\$ 43,90

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os materiais usados para medição do foco na panela e temperatura da água e dos alimentos, foram um termopar e um termômetro digital de alimentos, respectivamente. A Figura 7 mostra os instrumentos utilizados nas medições.

Figura 7: Instrumentos utilizados para a determinação de parâmetros térmicos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

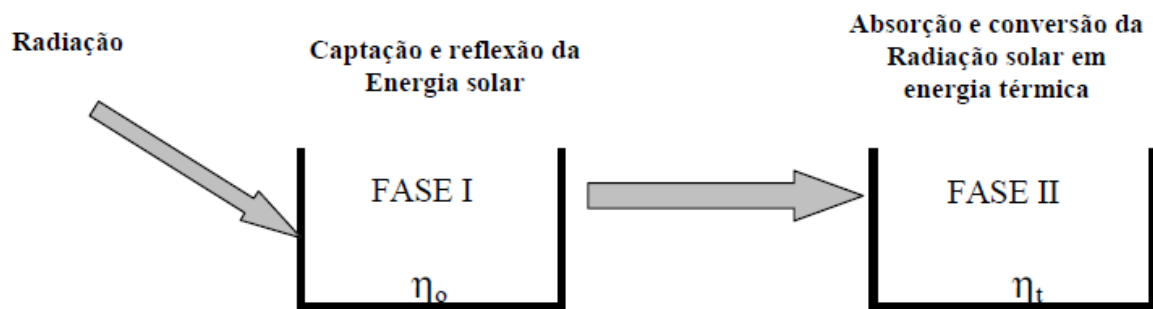
### 3.1. Eficiência Do Fogão Solar

Segundo Filho (2008), a eficiência do fogão solar, passa por alguns estágios, como segue:

1. No primeiro estágio a radiação solar é captada através de uma superfície de coleção e refletida até o estágio de absorção e conversão da radiação solar em energia térmica.
2. No segundo estágio a radiação solar é absorvida e transferida ao fluido de trabalho que pode ser água, óleo, sais etc. que circula através de tubulações apropriadas, ou simplesmente um elemento absorvedor cujo rendimento térmico dependerá do formato e das propriedades do material empregado como, por exemplo, a emissividade ( $\epsilon$ ) e a absorptividade ( $\alpha$ ) que são parâmetros de projeto que assumem papel limitante.

A Figura 8 mostra o processo de conversão de energia solar em energia térmica.

Figura 8: Processo de conversão de energia solar em energia térmica.



Fonte: Souza (2010).

A eficiência do ciclo é dada pela equação (1):

$$\eta_u = \eta_o \times \eta_t \quad (1)$$

A potência absorvida pela panela é dada pela equação (2):

$$I_c \cdot A_u \cdot \rho \cdot k_{rd} \cdot \alpha_p = P_{abs} \quad (2)$$

Onde:

$I_c$  - Radiação instantânea coletada pelo sistema de captação de energia solar ( $W/m^2$ )

$A_u$  - área útil do concentrador. ( $m^2$ )

$\rho$  - refletividade do concentrador (%)

$k_{rd}$  - fração da radiação refletida que é absorvida pela panela (%)

$\alpha_p$  - absorptividade da panela (%)

$P_{abs}$  - potência máxima absorvida pela panela (W)

A potência de perda da panela é dada pela equação (3):

$$P_{perdas} = h_{ce} \cdot A_{lp} \cdot (T_{ep} - T_a) \quad (3)$$

Onde:

$h_{ce}$  - coeficiente de convecção entre a superfície externa da panela e o ar ambiente. ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A_{lp}$  - área lateral da panela ( $m^2$ )

$T_{ip}$  - temperatura externa da panela ( $^\circ C$ )

$T_{ep}$  - temperatura ambiente ( $^\circ C$ )

O coeficiente de convecção é dado pela equação (4):

$$h_{ce} = \frac{K_{ar}}{L} \cdot C_k \cdot R_{aL}^n \quad (4)$$

Onde:

$K_{ar}$  – condutividade térmica do ar (W/m2. °C).

$L$  – altura da panela

$R_{aL}^n$  - Numero de Rayleigh

O coeficiente  $C_k$  e o expoente  $n$  dependem do intervalo do número de Rayleigh, sendo que: para  $n = 1/4$  o escoamento é laminar e para  $n = 1/3$  o escoamento é turbulento.

O coeficiente de convecção também pode ser obtido da seguinte forma:

$$h_{ce} = 2,8 + 3V_v \quad (5)$$

Onde:

$V_v$  – Velocidade do vento

A potência útil é dada pela equação (6):

$$P_{\text{útil}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{perdas}} \quad (6)$$

A eficiência óptica é dada pela equação (7):

$$\eta_o = \rho \cdot k_{rd} \cdot \alpha_p \quad (7)$$

A eficiência térmica é dada pela equação (8):

$$\eta_t = \frac{Q_u}{I_c \cdot A_c \cdot \eta_o} \quad (8)$$

A temperatura de um corpo situado no foco de um concentrador depende da densidade de fluxo na imagem de Gauss sendo, portanto, governado pela lei de Stefan-Boltzmann (INCROPERA, 2003).

$$E = C \cdot P_{\text{abs}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (9)$$

Onde:

$\sigma$  - constante de Stefan-Boltzmann, (5,67 x 10<sup>-8</sup> W/m2. °K<sup>-4</sup>)

$\varepsilon$  - Emissividade do absorvedor

$T$  - temperatura absoluta no foco (°K)

$C$  – Fator de concentração solar

O fator de concentração solar é dado pela equação (10):

$$C = \frac{A_c}{A_r} \quad (10)$$

Onde:

$A_c$  - área da superfície de coleção de energia solar

$A_r$  - área iluminada do absorvedor:

A temperatura é calculada pela equação (11):

$$T = \left( \frac{C \cdot P_{abs}}{\varepsilon \cdot \sigma} \right)^{1/4} \quad (11)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os experimentos, o trabalho foi dividido em três dias, visto que em um único dia ou dois, não deu tempo realizar todas as cocções. Além disso é importante frisar que nos três dias de medições o tempo estava sob boas condições climáticas, todos com boa insolação.

##### 4.1. Testes de cocção

O primeiro, segundo e terceiro dia de experiência foram respectivamente nos dias 14 de agosto, 16 de agosto e 07 de setembro de 2021. Totalizando 10 experimentos, sendo 8 cocções e 2 medições de temperatura. Os experimentos foram divididos da seguinte forma: 14/08: Medição da temperatura de foco, e cocção do feijão verde, macarrão e macaxeira; 16/08: Cocção de arroz, frango e ovos; 07/09: Medição da temperatura de ebulição, e cocção da batata doce e inhame.

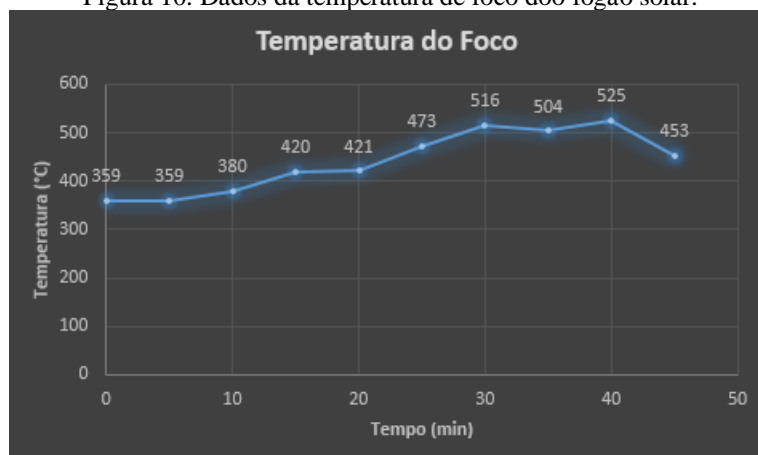
O primeiro experimento feito foi a medição de temperatura do foco do fogão solar. A medição começou às 10 horas e 15 minutos do primeiro dia de experimento e durou até as 11 horas. Sendo medido a temperatura de 5 em 5 minutos. A Figura 9 mostra a forma utilizada para medição, bem como a maior temperatura atingida. O gráfico da Fig. 10 mostra a análise de foco com as temperaturas em função do tempo.

Figura 9: Montagem para medição de foco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 10. Dados da temperatura de foco doo fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.



O primeiro alimento cozinhado foi o feijão verde. A cocção iniciou-se às 11 horas e 2 minutos do primeiro dia de experimento. Foi colocado 500 ml de água e 0,325 kg de feijão. O cozimento durou 40 minutos, finalizando às 11 horas e 42 minutos. A Figura 11 mostra o feijão no começo e no final do processo de cocção.

Figura 11: Cocção do feijão verde no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O segundo alimento cozinhado foi o macarrão. A cocção iniciou-se às 12 horas e 8 minutos do primeiro dia de experimentos. Foi colocado 500 ml de água e 0,125 kg de macarrão. O cozimento durou 38 minutos, finalizando às 12 horas e 46 minutos. A Figura 12 mostra o macarrão no começo e no final do processo de cocção.

Figura 12: Cocção do macarrão no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O terceiro alimento cozinhado foi a macaxeira. A cocção iniciou-se às 13 horas e 30 minutos do primeiro dia de experimentos. Foi colocado 1000 ml de água e 0,4 kg de macaxeira. O cozimento durou 53 minutos, finalizando às 14 horas e 23 minutos. A Figura 13 mostra a macaxeira no começo e no final do processo de cocção.

Figura 13: Cocção da macaxeira no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O quarto alimento cozinhado foi o arroz. A cocção iniciou-se às 10 horas e 14 minutos do segundo dia de experimentos. Foi colocado 600 ml de água e 0,2 kg de arroz. O cozimento durou 22 minutos, finalizando às 10 horas e 36 minutos. A Figura 14 mostra o arroz no começo e no final do processo de cocção.

Figura 14 : Cocção do arroz no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O quinto alimento cozinhado foi o frango. A cocção iniciou-se às 10 horas e 42 minutos do segundo dia de experimentos. Foi colocado o frango para cozinhar na sua própria molha medindo 0,35 kg de massa. O cozimento durou 40 minutos, finalizando às 11 horas e 22 minutos. A Figura 15 mostra o frango no começo e no final do processo de cocção.

Figura 15: Cocção do frango no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O sexto alimento testado foi o ovo frito. A cocção iniciou-se às 11 horas e 29 minutos do segundo dia de experimentos. Foi colocado 3 ovos para fritar com manteiga medindo 0,165 kg de massa. A fritura durou 5 minutos, finalizando às 11 horas e 34 minutos. A Figura 16 mostra os ovos no começo e no final do processo de cocção.

Figura 16: Cocção dos ovos no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O sétimo alimento cozinhado foi a batata doce. A cocção começou as 11 horas e 37 minutos do terceiro dia de experimentos. Foi colado 1 litro de água na panela e aguardou-se até sua fervura, depois disso foi colocado 0,330 kg de massa da batata doce. O cozimento durou 40 minutos, finalizando as 12 horas e 17 minutos. A Figura 17 mostra a batata no começo e fim do processo de cocção.

Figura 17: Cocção da batata doce no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O último alimento cozinhado foi o inhame. A cocção começou as 12 horas e 45 minutos do terceiro dia de experimentos. Foi colocado 1 litro de água e aguardou-se até atingir 80°C, depois disso foi colocado 0,950 kg de inhame. O cozimento durou 35 minutos, finalizando as 13 horas e 20 minutos. A Figura 18 mostra o inhame no começo e fim de processo de cocção.

Figura 18: Cocção do inhame no fogão solar.

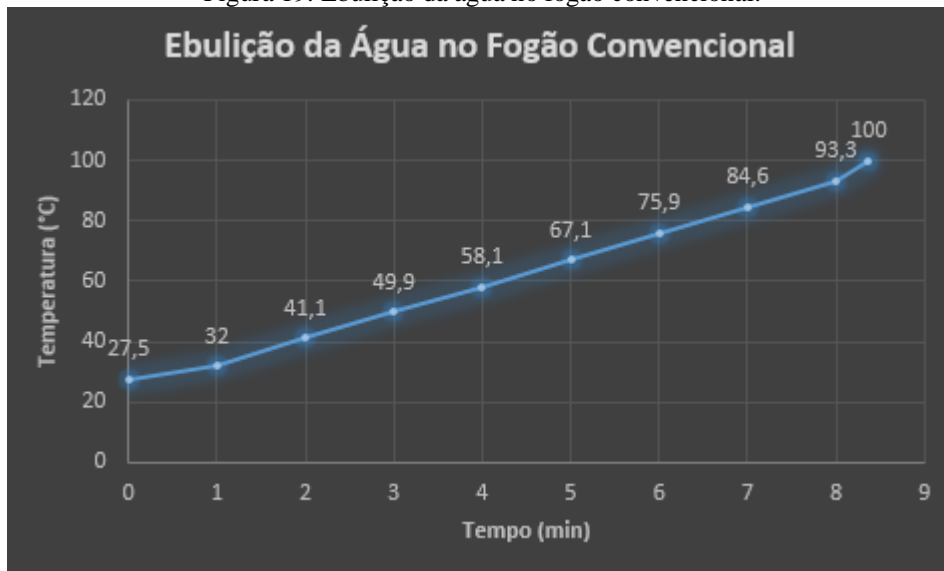


Fonte: Elaborado pelo autor.



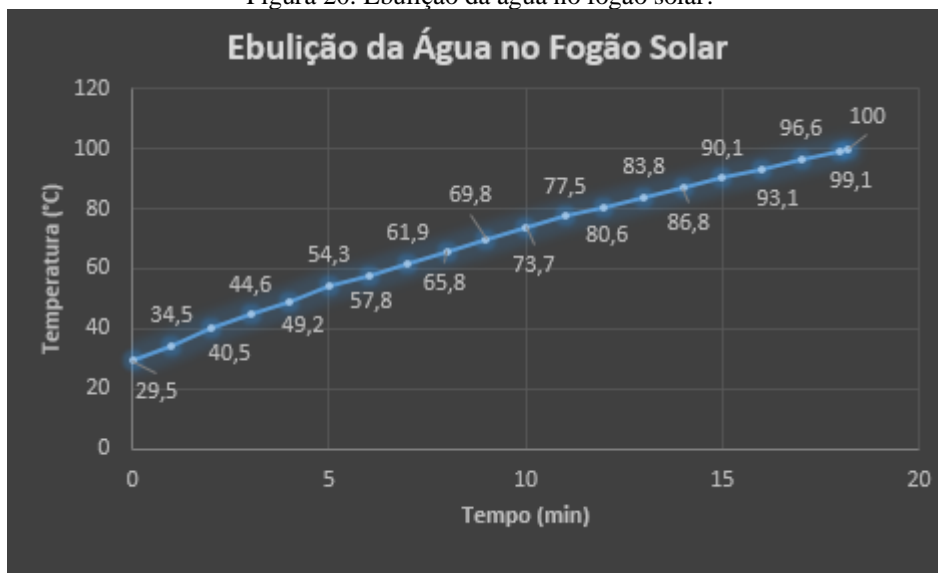
Por fim foi feita a comparação do tempo de ebulição de 1 litro de água entre o fogão solar e de um fogão de cozinha tradicional. Os gráficos das Figuras 19 e 20 mostram os diferentes tempos de ebulição. No fogão convencional a temperatura de ebulição ocorreu em 8 minutos e 37 segundos. No fogão solar, a temperatura de ebulição ocorreu em 18 minutos e 21 segundos.

Figura 19: Ebulição da água no fogão convencional.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 20: Ebulição da água no fogão solar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A medição de temperatura de ebulição no fogão solar ocorreu no terceiro dia de experimentos e durou 19 minutos. Entre as 11 horas e 15 minutos até as 11 horas e 34 minutos.

#### 4.2. Cálculo da eficiência

Usando o equacionamento do capítulo anterior, calculou-se os parâmetros no qual mostraram a eficiência do fogão solar, como segue:

### 1. Cálculo do fator de concentração

Por intermédio da eq. (10), encontra-se o fator de concentração para os seguintes parâmetros:  $A_c = 0,78\text{m}^2$  e  $A_r = 0,018\text{m}^2$ .

Logo, o fator de concentração é de 43,3.

### 2. Cálculo da energia térmica absorvida pela panela

Por intermédio da eq. (11) encontra-se a energia absorvida pela panela para os seguintes dados:  $T=798^\circ\text{K}$ ,  $\varepsilon=0,9$ ,  $\sigma=5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}^{-4}$ ,  $C = 43,3$ .

Logo, a energia absorvida é de 478 W.

### 3. Cálculo da energia perdida

Segundo a literatura, a energia perdida é em torno de 15% da energia absorvida.

Logo, a energia perdida é de 71,7 W.

### 4. Cálculo da eficiência ótica

A eficiência ótica é calculada através da equação (7), para os seguintes parâmetros:  $\rho = 0,95$ ;  $k_{rd}=0,9$ ;  $\alpha_p = 0,9$

Logo, a eficiência ótica é 0,77.

### 5. Cálculo da potência útil

A potência útil que é o calor útil, é calculado através da eq(6), como sendo igual a 406,3 W.

### 6. Cálculo da eficiência térmica

A eficiência térmica é dada pela eq. (8), para os seguintes parâmetros:  $A_c= 0,78\text{m}^2$ ,  $\eta_o = 0,77$ ;  $Q_u = 406,3\text{W}$ ;  $I = 900\text{W/m}^2$ .

Logo a eficiência térmica é de 0,75.

### 7. Cálculo da eficiência útil

A eficiência útil é calculada através da eq. (1), como sendo igual a 0,58.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Apesar de ter uma eficiência um pouco abaixo em relação ao fogão convencional, o fogão solar mostra-se bastante útil, pois utiliza a energia renovável de Sol, sendo então utilizado sem custos para as cocções, além de não agredir o meio ambiente.

A parábola captadora e refletora dos raios solares precisa ser aumentada, caso queira uma potência maior e uso de mais de uma panela, e o tamanho dos espelhos influencia de modo a ter um foco mais significativo.

Os processos de montagem e desmontagem do fogão, bem como seu manuseio são simples, necessitando apenas um treinamento rápido, no qual qualquer cidadão comum pode operar.

O tempo de cozimento em relação ao fogão convencional foi bastante competitivo, para um fogão que não utiliza combustível fóssil.

Para garantir uma boa vida útil do fogão é importante sempre limpar e guardá-lo em abrigo após seu uso.

O fogão será melhor aproveitado na região do nordeste brasileiro, onde o Sol tem maior incidência e onde se tem menor condição de chuvas durante o ano.

Durante a colagem dos espelhos é importante usar uma cola apropriada (fixa espelho), pois outros tipos de cola a base de solvente danifica a refletividade dos espelhos com o tempo.

Assim como o fogão convencional, o fogão solar deve ser mantido longe do alcance de crianças, pois seu uso incorreto pode causar queimaduras e/ou acidentes.

## 6. REFERÊNCIAS

LION, Carlos Alberto Pereira de Queiroz Filho. **Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto**. 2007. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2007.

SOUZA, L. G. M. et al. **Fogão solar à concentração construído a partir de uma sucata de antena parabólica**. VI CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Salvador - BA, 2008.

SARMENTO, José Souto; **Construção e análise de um forno solar como uma atividade prática não formal no ensino de física**. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica, Programa de Pós Graduação) – Universidade Federal do Ceará, 2015.

SOUZA, L. G. M.; Ramos Filho, R. E.; Medeiros JR., A. P.; Bezerra, C. M.; Rebouças, G. F. S.; CABRAL, R. **Fogão Solar com Parábola Reciclável de Antena** VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, Campina Grande, 2010.

FILHO, R. E. B. R.; **Análise de desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antena de TV**. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2011.

SOUZA, R. F. **Viabilidade de uso de um fogão solar para cocção de alimentos com parábola refletora fabricada em compósito que utiliza fibras de Carnaúba e resina Ortoftálica**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MACEDO NETO, M. C; GOMES, Í. R. B; GONDIM, P. C. A; SOUZA, L. G. M. **Desenvolvimento de um fogão solar com parábola fabricada em material compósito a base de isopor e gesso**. Revista Holos, Natal, v. 5, n. 27, p. 117-135, dez. 2011.

INCROPERA, F. P. et al. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

ÇENGEL, Y. A.; GHAJAR, A. J. **Transferência de calor e massa**. 4. ed. Porto Alegre: McGraw-Hill, 2012.

SANTOS, C. V.; FERRARETTO, T. R. G. **Fogão solar: ferramenta viável para cozimento de alimentos a partir de materiais de baixo custo**. Extensio: Revista Eletrônica de Extensão, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, v.12. n. 21. P. 97-104, 2016.

SPINELLI, M. C. O.; **Construção e estudo de um forno solar tipo caixa com capacidade simultânea de assamento para vários alimentos**. Dissertação (Mestrado em engenharia Mecânica, Programa de Pós Graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

METADE dos brasileiros sobrevive com menos de R\$ 15 por dia, aponta IBGE. **UOL**, Rio de Janeiro, 06 de Jun. de 2020. Disponível em: < <https://economia.uol.com.br/noticias/estadao-conteudo/2020/05/06/metade-dos-brasileiros-sobrevive-com-menos-de-r-15-por-dia-aponta-ibge.htm>>. Acesso em: 07 de Set. de 2021.

ENERGIA solar, **SEMPRE SUSTENTAVEL**, 28 de ago. de 2018. Disponível em: < <https://www.sempresustentavel.com.br/solar.htm>>. Acesso em: 07 de Set. de 2021.

THE 4 types of solar cookers, **INSTEADING**, 19 de nov de 2020. Disponível em: <https://instead.com/blog/solar-cooker/>. Acesso em 07 de set. de 2021.





**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

Natal, 14 de setembro de 2021.

Ao(s) **décimo quarto** dia(s) do mês de **setembro** do ano de **dois mil e vinte e um**, às **dezesesseis horas**, **por videoconferência**, instalou-se a banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso do(a) aluno(a) **ARNALDO EUGÊNIO DE ANDRADE FILHO**, matrícula **20180154708**, do curso de Engenharia Mecânica. A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros: **LUIZ GUILHERME MEIRA DE SOUZA**, orientador; **JOSENILTON DOS SANTOS LOPES**, examinador externo; **RAIMUNDO VICENTE PEREIRA NETO**, examinador interno. Deu-se início à abertura dos trabalhos pelo(a) **LUIZ GUILHERME MEIRA DE SOUZA**, que após apresentar os membros da banca examinadora, solicitou a (o) candidato (a) que iniciasse a apresentação do trabalho de conclusão de curso, intitulado **“FOGÃO SOLAR PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS”**, marcando um tempo de trinta minutos para a apresentação. Concluída a exposição, **LUIZ GUILHERME MEIRA DE SOUZA**, orientador, passou a palavra aos examinadores para arguirem o(a) candidato(a); após o que fez suas considerações sobre o trabalho em julgamento; tendo sido **APROVADO**, o(a) candidato(a), conforme as normas vigentes na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. A versão final do trabalho deverá ser entregue à Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, no prazo de **7** dias; contendo as modificações sugeridas pela banca examinadora e constante na folha de correção anexa. Conforme o que rege o Projeto Político Pedagógico do Curso de Engenharia Mecânica da UFRN, o(a) candidato(a) não será aprovado(a) se não cumprir as exigências acima.

---

**LUIZ GUILHERME MEIRA DE SOUZA**

Orientador

---

**JOSENILTON DOS SANTOS LOPES**

Examinador interno

---

**RAIMUNDO VICENTE PEREIRA NETO**

Examinador interno

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Andrade Filho, Arnaldo Eugênio de.

Fogão solar para cocção de alimentos / Arnaldo Eugênio de  
Andrade Filho. - 2021.

15f.: il.

Monografia (Graduação) - Universidade Federal do Rio Grande  
do Norte, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia  
Mecânica, Natal, 2021.

Orientador: Dr. Luiz Guilherme Meira de Souza.

1. Energia solar - Monografia. 2. Fogão solar - Monografia.  
3. Cocção - Monografia. 4. Baixo custo - Monografia. 5. Famílias  
carentes - Monografia. I. Souza, Luiz Guilherme Meira de. II.  
Título.

RN/UF/BCZM

CDU 621