

FOGÃO SOLAR DO TIPO CAIXA SOLUÇÃO DE BAIXO CUSTO PARA COCÇÃO DE ALIMENTOS

Lucas Tenório de Souza Silva

lucas.silva@ifs.edu.br

Diego Lopes Coriolano

diegocoriolano@yahoo.com.br

Natália Nayara Santos Xavier

nataliaxaviers18@gmail.com

Resumo: As catástrofes ecológicas e o reconhecimento dos assustadores efeitos negativos da intervenção antrópica na biosfera têm provocado mudanças comportamento social. Esta mudança por conta da consciência ambiental tem motivado a busca pelo desenvolvimento sustentável e o crescente interesse por projetos com fontes de energia renováveis. Os fogões solares possibilitam o desenvolvimento sustentável, uma vez que evitam a queima de combustível (GLP – gás de cozinha) ou lenha, e contribuem para reduzir o impacto no meio ambiente. Este trabalho busca demonstrar a viabilidade de utilização do forno solar tipo caixa como alternativa para cocção de alimentos, diminuindo o uso de lenha e do gás e contribuindo para o desenvolvimento social de forma sustentável. Para tal finalidade foram construídos e testados dois fogões (fornos) tipo caixa. Os testes indicaram bons resultados quanto as temperaturas atingidas com ou sem alimento, demonstrando que os fogões podem ser viáveis para cozimento de alimentos. Além disto, a facilidade de fabricação e o custo dos materiais podem ser um incentivo para ser aplicados em projetos sociais, associações comunitárias e cooperativas como ferramenta para preparar refeições de modo sustentável e limpa.

Palavras-Chave: Fogão Solar, Forno Solar, Construção de Fogão, Cocção de Alimentos, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

As catástrofes ecológicas e o reconhecimento dos assustadores efeitos negativos da intervenção antrópica na biosfera

têm provocado mudanças ideológicas em todas das partes do mundo.

Estas mudanças estão presentes no comportamento social e pode ser visto por meio de manifestações, como a greve global às vésperas da Cúpula do Clima da Organização das Nações Unidas (ONU) (O GLOBO, 2019), e de ações que trazem a manutenção da qualidade ambiental coletiva e o desenvolvimento sustentável, como mutirões de limpezas de praia e manguezais.

Um dos primeiros passos em direção à sustentabilidade está ligado à economia de recursos naturais e energéticos, diminuindo, como consequência, o desperdício e a poluição (LAYRARGUES, 2000). Este critério de sustentabilidade pode ser visto em vários ambientes, desde a escola às universidades, das empresas e indústrias aos órgãos públicos.

Este aumento da consciência ambiental e a busca pelo desenvolvimento sustentável contribui para o crescente interesse por projetos com fontes de energia renováveis.

O Sol é uma fonte de energia renovável que fornece anualmente $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia para atmosfera terrestre, o que corresponde a 10000 vezes o consumo mundial de energia no mesmo período de tempo. (PEREIRA *et. al.*, 2006).

Segundo ANEEL, 2005 (Agência Nacional de Energia Elétrica), quase todas as fontes de energia – hidráulicas, biomassas, eólicas, combustíveis fósseis e energia dos oceanos – são formas indiretas de energia solar.

O Brasil possui expressivo potencial para utilização de equipamentos solares, uma vez que a média anual de irradiação global apresenta uma boa uniformidade, com médias relativamente altas em todo o território (NASCIMENTO, 2017).

Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro são superiores aos da maioria dos países europeus (NASCIMENTO, 2017). A região Nordeste apresenta a maior disponibilidade energética com valor de radiação Global média de 5,9 kWh/m² (PEREIRA *et. al.*, 2006).

Os fogões solares (FS) são equipamentos que, por conversão térmica da radiação solar (SANTOS FILHO, 2008), servem para cozinhar alimentos, ou simplesmente para aquecer água (desinfetar). O Fogão Solar é capaz de cozinhar qualquer alimento sem dificuldade, e não usa gás, nem lenha, nem energia elétrica (NO CLIMA DA CAATINGA, 2019).

Por esse fato, o fogão solar possibilita o desenvolvimento sustentável, uma vez que evita a queima de combustível (GLP – gás de cozinha) ou lenha, e contribui para reduzir o impacto no meio ambiente.

Este tipo de fogão é bem utilizado em países como Índia, China e Peru, entre outros. Nos dois primeiros o número de fogões solares em operação supera a casa das 100.000 unidades (RAMOS FILHO, 2011).

Os fogões solares podem ser classificados em quatro tipos básicos: fornos do tipo caixa (figura-1), fogões concentradores (figura-2), fogões do tipo painel (figura-3). Os mesmos podem ser vistos a seguir:



Figura 1 - Fogão Tipo Caixa
Fonte: NO CLIMA DA CAATINGA, 2019

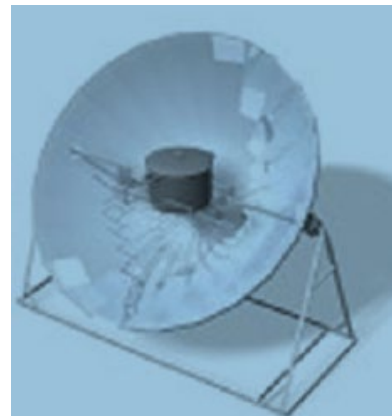


Figura 2 - Fogão Tipo Concentrador
Fonte: RAMOS FILHO, 2011

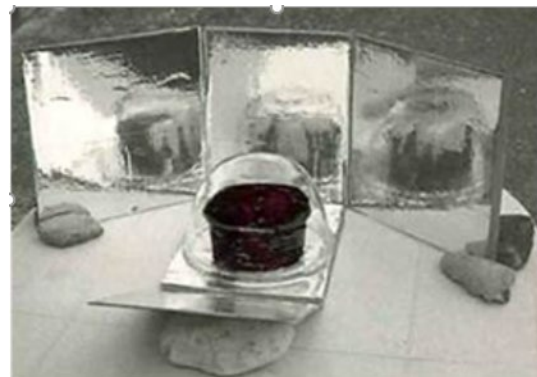


Figura 3 - Fogão Tipo Painel
Fonte: RAMOS FILHO, 2011

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade de utilização do forno solar estudado para o fim proposto e a importância

de sua utilização como alternativa para cocção de alimentos, diminuindo o uso de lenha e do gás e contribuindo para o desenvolvimento social de forma sustentável

Objetivos Específicos

- Projetar e construir o forno solar proposto;
- Descrever e analisar todas as etapas do seu processo construtivo;
- Comparar seus resultados com os obtidos entre os fogões solares construídos.
- Demonstrar a boa relação custo-benefício do fogão solar estudado.

Para este trabalho foram construídos dois fogões tipo caixa e foram expostos ao sol e testados entre o período das 13:00 as 15:00 horas.

MATERIAL E MÉTODOS

O primeiro forno solar tipo caixa foi criado por Horace Bénédicte de Saussure em 1767 (figura-4). Este fogão era constituído por duas caixas de madeira de pinho uma dentro da outra, isolado por lã e com três coberturas de vidro. Os experimentos com este fogão atingiram temperatura máxima de 90°C e foram descritos por seu filho Nicolas Théodore de Saussure.

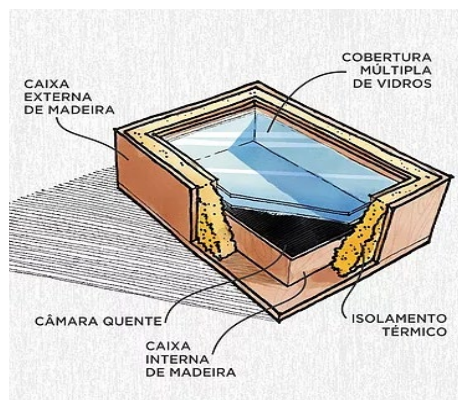


Figura 4 - Desenho retratando as partes do primeiro fogão solar

Fonte: kuara Instituto, 2019

O fogão Solar tipo caixa possui operação simples que não oferece riscos de segurança ao usuário. Além disto, é usualmente utilizado

porque poder ser construído com material de fácil aquisição, simples e de baixo custo.

O fogão mais simples ao mais sofisticado pode ser constituído por:

- Duas caixas de tamanhos diferentes para criar o formato do fogão (exemplos de materiais usados: papelão, madeira, pneu ou chapas de metálica);
- Material para isolante térmico para ser colocado entre as duas caixas: (exemplos de materiais usados: papelão, algodão, isopor, lã de vidro);
- Material transparente para deixar a luz solar entra na caixa (exemplos de materiais usados: plástico ou vidro);
- Material refletivo para direcionar a luz para dentro da caixa e conservar a temperatura dentro da mesma (exemplos de materiais utilizados: papel alumínio, papel ou cartolina metalizada, caixa tetra pak, manta de alumínio, chapa de alumínio, espelho, acrílico espelhado, alumínio composto (ACM) espelhado, película espelhada, entre outros).

As partes do fogão solar do tipo caixa podem ser vistos com maiores detalhes na figura – 5:

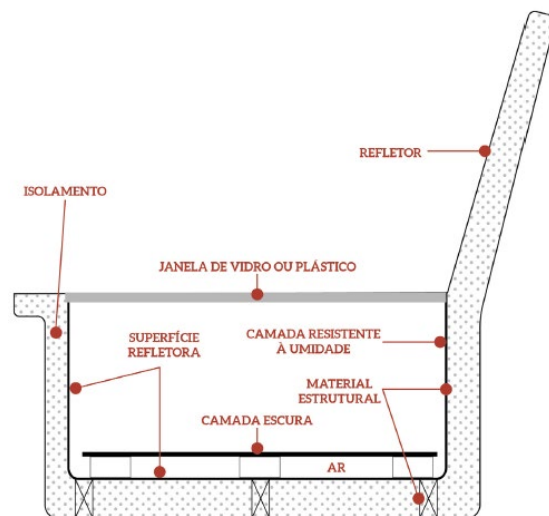


Figura 5 - Partes de um fogão do tipo caixa

Fonte: No Clima da Caatinga, 2019

O funcionamento do Fogão Solar do Tipo Caixa baseia-se no efeito estufa, gerando uma

espécie de atmosfera ao redor do alimento que retém calor e o cozinha. Os recipientes com os alimentos devem ser da cor preta para auxiliar o processo de cozimento ou pasteurização.

O primeiro fogão solar tipo caixa construído para verificar o objetivo deste trabalho foi um fogão de caixa de pizza com 39 cm de diâmetro e 4,5 cm de altura (figura – 6).



Figura 6 - Primeiro Fogão Tipo Caixa (Caixa de Pizza).
Fonte: Autor

Os materiais e ferramentas utilizados para confecção do fogão foram: 01 caixa de pizza, 01 pasta de plástico em “L” transparente, papel alumínio, 01 tinta spray preta, 01 folha papel preto, cola em bastão, 01 palito de churrasco, fita isolante, estilete, compasso, tesoura, régua de 40 cm e caneta de marcação.

O custo dos materiais para fabricação ficou em torno de R\$20,00 reais. Se contar com as ferramentas utilizadas, no total este fogão saiu por pouco mais de R\$50,00.

A fabricação do fogão de caixa de pizza demorou em torno de 40 minutos e seguiu os seguintes passos:

1.Organização dos materiais, ferramentas e espaço para fabricação.

2.Corte Circular da Tampa da Caixa estabeleceu um diâmetro (32 cm), com referência ao tamanho da pasta plástica, que permitisse que esta fosse colada internamente na tampa. Com a caneta, a régua e o compasso, identificou-se o centro da tampa na parte interna e marcou a circunferência de corte. Para cortar, utilizou o estilete, mas o corte foi limitado

para que sobrasse 10cm, para funcionar como dobra para o refletor (circulo cortado na tampa).

3.Pintura da Caixa: utilizou-se a tinta spray preto de alta temperatura para pintar todas as partes da caixa, com a finalidade de absorve a luz e transformá-la em calor.

4.Revestimento interno da caixa (figura -7): cobriu-se o fundo da caixa com o papel alumínio, para refletir o próprio calor, e em cima do alumínio da base da caixa, foi colocado um pedaço de papel preto.



Figura 7 - Parte interna do fogão: revestimento de alumínio e papel preto
Fonte: Autor

5.Fixação da pasta plástica transparente: a pasta foi aberta e posicionada internamente na tampa da caixa. Utilizou-se uma tesoura para aparar as sobras da pasta e em seguida foi esta foi fixada com cola.

6.Revestimento do círculo refletor (figura -8): o círculo cortado da tampa, internamente, foi revestido com alumínio e cola

7.Suporte de apoio da tampa: utilizou o palito de churrasco com a fita isolante.



Figura 8 - Parte externa: pasta plástica, refletor com papel alumínio e palito como suporte.
Fonte: Autor

Com os resultados e observações obtido do primeiro fogão, um segundo fogão foi projetado e construído. O segundo fogão é maior do que o primeiro, com dimensões externas: 50 cm de comprimento, 50 cm de largura e 38 cm de altura; e internas (uma caixa cônica): com base menor de 38cm x 38cm e base maior de 41cm x 41cm e altura de 30cm (figura- 9).



Figura 9 - Segundo Fogão de Caixa Projetado
Fonte: Autor

Este fogão foi construído com: papelão (as duas caixas e refletores), isopor (como material isolante), chapas de alumínio (parte refletiva da caixa interna), manta de alumínio (refletores), placa de vidro (3mm como material transparente para deixar a luz solar), fita crepe de 45 cm, cola instantânea, parafusos, rebites, dobradiças, ferrolho, porta cadeado e alça de mala.

As ferramentas utilizadas, além daquelas utilizadas na fabricação do fogão de pizza, são: tesoura de corte de chapa de alumínio, alicate universal e alicate rebitador.

O custo de material para fabricação deste fogão foi pouco mais de R\$60,00 reais. Contando com as ferramentas necessárias, o custo para fabricação do fogão de caixa será em torno de R\$120,00 reais.

O tempo e a sequência de fabricação do segundo fogão foram bem maiores. Levou-se entorno de 30 horas distribuídas em duas semanas, desde o projeto ao primeiro teste.

De forma simplificada a concepção do deste fogão transcorreu pelos seguintes passos:

1. Projeto do fogão: tamanho e formato do fogão definido para receber panela de 30 cm de diâmetro e 20 de altura.
2. Coleta e compra dos materiais: o papelão foi coletado em supermercados e os demais materiais foram comprados em papelaria e loja de ferragem e parafusos.
3. Fabricação da Caixa Interna: realização dos cortes do papelão para caixa interna seguindo as dimensões do projeto e conexão das partes com a fita crepe (figura – 10).



Figura 10 - Fabricação da caixa interna
Fonte: Autor

4. Corte de isopor e fixação na Caixa Interna: realização do corte do isopor usando estilete e baseado nas dimensões da caixa interna.

5. Fabricação da Caixa Externa e conexão com a caixa interna: igual a fabricação da caixa interna (figura – 11).



Figura 11 - Caixa externa e a caixa interna com isolamento de isopor
Fonte: Autor

6. Fabricação do Suporte para fixação do vidro: realização de corte do papelão em tiras e fixação com cola instantânea e fita crepe (figura – 12).



Figura 12 - Fogão com o vidro apoiado no suporte
Fonte: Autor

7. Corte das Chapas de Alumínio: realização dos corte com a tesoura apropriada baseado nas dimensões da caixa interna. Fixação feita com parafuso e bucha colada no papelão (figura -13).



Figura 13 - Chapas de Alumínio cortadas do tamanho da caixa interna.
Fonte: Autor

8. Fixação de dobradiças e ferrolho para colocar a tampa de vidro na caixa interna;

9. Fabricação dos Refletores: realização dos cortes do papelão, corte e colagem da manta de alumínio, corte de chapas de alumínio para suporte de fixação das dobradiças do refletor, rebitemento do suporte nos refletores nas dobradiças e do porta cadeado.

Após a fabricação de cada fogão, foram realizados dois testes, inicialmente sem e depois com alimento (pão com manteiga), para verificar: a temperatura máxima atingida e a velocidade para estabilizar a temperatura. Na etapa de medição do segundo fogão foram realizadas também medição de temperatura externa ao fogão e da resistência do LDR em resposta da luminosidade.

A medição de temperatura durante os testes foi realizada com um termopar conectado a um multímetro. Esse termopar foi posicionado internamente no centro da caixa e o multímetro no lado externo, na sombra do próprio fogão (figura – 14 e figura - 15).



Figura 14 - Medição de temperatura do fogão de pizza.
Fonte: Autor

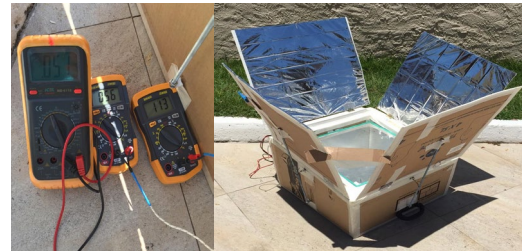


Figura 15 - Medição de Temperatura do Segundo Fogão: Resistência do LDR e Temperatura Externa e Interna

O tempo entre medições de temperatura para o primeiro fogão foi de 2 minutos e para o segundo foi de 5 minutos.

Alguns destes testes foram cancelados por conta do clima chuvoso ou nublado. Deve-se lembrar que o funcionamento efetivo do fogão depende do horário com maior irradiação solar (10:00 as 15:00) e também das condições climáticas neste horário.

A fase de teste do segundo fogão só pode ser efetiva no mês de setembro, uma vez que as chuvas e o tempo nublado estavam presentes de junho até meado de setembro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises dos fogões foram feitas para encontrar a velocidade para se atingir a temperatura interna de equilíbrio e para identificar a máxima temperatura atingida com e sem alimento.

Com os dados, é possível demonstrar a viabilidade dos fogões e comparar o funcionamento entre os dois fogões, justificar o comportamento térmico e indicando futuras melhorias.

O primeiro gráfico (figura-16) mostra o comportamento do fogão de caixa de pizza com e sem o alimento. Observa-se que, para o tamanho desse fogão, a resposta foi positiva no processo de cocção do pão francês e que atingiu temperaturas máximas com e sem o alimento, respectivamente 74°C (suficiente para assar o pão) e impressionantes 123°C.

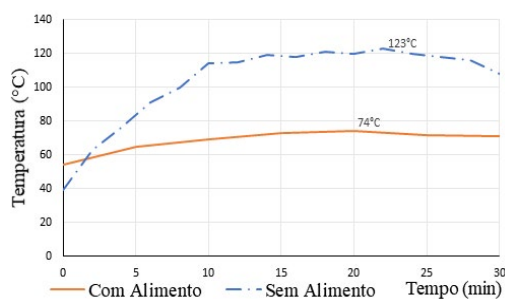


Figura 16 - Gráfico do comportamento térmico do fogão de caixa de pizza

Fonte: Autor

A temperatura de equilíbrio final sem alimento ficou em torno de 120°C, e foi atingida com 15 minutos após iniciar o teste. O decréscimo de temperatura entre 25 e 30 minutos se deu por conta do enrugamento da película plástica, fazendo com que o vapor gerado dentro da caixa escapasse. Para o teste com alimento, este problema foi resolvido e a fixação da película foi reforçada.

Com o teste com alimento observou-se ainda que a presença de alimento gerou bastante umidade o que contribuiu para

reduzir a temperatura de equilíbrio final.

A figura-17 mostra o gráfico do comportamento térmico do segundo fogão de caixa (fogão grande). Com este fogão os resultados também foram positivos e obteve temperaturas máximas sem e com alimento (pão com manteiga) muito próximas e respectivamente 112°C e 111°C. Observando o gráfico percebe-se que este fogão teve comportamento térmico praticamente idêntico com e sem alimento para mesma quantidade de alimento usada para o primeiro fogão.

Apesar de demora pouco mais de 30 min para atingir a temperatura de equilíbrio final (111°C) com e sem alimento, a torrada já estava visualmente pronta com 20 minutos após iniciar o teste.

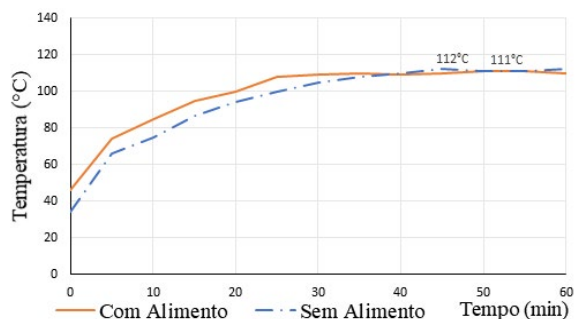


Figura 17 - Comportamento térmico do segundo Fogão

Fonte: Autor

Comparando os dois fogões foi identificado que:

- A velocidade de reação para alcançar a temperatura de equilíbrio final do menor fogão é maior. Isto pode ser justificado por conta do volume da caixa interna que necessita de mais tempo para aquecer o ar e criar o efeito estufa.
- Sem alimento, a temperatura do fogão menor atingiu a maior temperatura, que também pode ser justificada pelo volume interno, mas principalmente pelo momento de testes, que foram feitos em meses diferentes, tendo assim possivelmente influência climática, apesar de ambos os dias estarem sem nuvem.

- Com alimento, o comportamento do fogão maior foi muito similar a situação sem alimento, tendo assim maior rendimento quando relaciona a temperatura de equilíbrio com e sem alimento. Isto indica que provavelmente a massa térmica do alimento em relação a massa térmica da caixa interna pode influenciar no comportamento térmico de ambos os fogões. Como o volume relativo da caixa de pizza é menor, a temperatura de equilíbrio reduziu para aproximadamente 74°C.

CONCLUSÕES

Os resultados dos testes foram positivos para ambos os fogões, uma vez que atingem temperaturas acima de temperatura de fervura da água (100°C) e conseguem torrar o pão de modo que o deixa crocante e com sabor semelhante à torrada feita em forno convencional.

O estudo e os teste dos fogões construídos ajudou a identificar pontos cruciais relacionados ao funcionamento dos mesmos, como: o melhor período de funcionamento (9:00 as 15:00), as dificuldades de funcionamento nos meses de chuva, a necessidade do usuário utilizar equipamentos de proteção solar, o tempo de cozimento dos alimentos, a necessidade utilização de materiais para melhorar o rendimento do fogão, e os cuidados para evitar que o vapor da caixa interna escape.

A construção dos fogões e os teste confirmam a viabilidade da utilização do mesmo para cocção de alimentos. Assim, o uso de fogões solar do tipo caixa é viável para reduzir a queima e extração de lenha e o uso gás de cozinha para tal finalidade.

Por provocar economia de recursos naturais e energéticos, diminuindo, como consequência, o desperdício e a poluição, o fogão solar deste estudo promove o desenvolvimento sustentável.

Por fim, por conta da facilidade e do

baixo custo de fabricação dos fogões solares deste trabalho, estes podem ser viáveis em programas sociais, associações comunitárias e cooperativas como ferramenta para preparar refeições de modo sustentável e limpa.

REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas da Energia Elétrica do Brasil. 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>> Acesso em: 21 set. 2019

KUARÁ INSTITUTO; Origem do Aquecedor Solar; Disponível em: <<https://www.kuarainstituto.com.br/single-post/2018/09/27/Origem-do-Aquecedor-Solar>> Acesso em: 21 set. 2019

LAYRARGUES, P. P. Sistemas de gerenciamento ambiental, tecnologia limpa e consumidor verde: a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. Revista de Administração de Empresas, v. 40, n. 2, p. 80-88, 2000.

NASCIMENTO, R. L. Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas. Estudo Técnico. Brasília: Câmara dos deputados, 2017.

NO CLIMA DA CAATINGA; Cartilha Forno Solar; 2019; Disponível em: <https://issuu.com/climadacaatinga/docs/cartilha_forno_solar> Acesso em: 21 set. 2019

O Golbo. Greve global pelo clima reúne milhões ao redor do mundo. Protesto pode ser o maior da História; Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/greve-global-pelo-clima-reune-milhoes-ao-redor-do-mundo-protesto-pode-ser-maior-da-historia-23961271>>. Acesso em 15 set 2019.

PEREIRA, E. B; MARTINS, F.R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006.

RAMOS FILHO, R. E. B. Análise de desempenho de um fogão solar construído a partir de sucatas de antena de tv. 2011. 96 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Materiais; Projetos Mecânicos; Termociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

SANTOS FILHO, E. A. ; DA SILVA, V. C. – Construção e Teste de Forno Solar. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Aracruz – FAACZ.

SOUZA, R. F. de. 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. 78p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal – RN. 2014.