



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA DO FOGÃO SOLAR TIPO CAIXA TENDO COMO VARIÁVEL O MATERIAL DE SUA PLACA METÁLICA

Renally Cristine Martins de Oliveira¹; Rayane Esterfany Martins Barbosa²; Luzia Keli da Silva Coura³; Joyce Rayane Carlos Gomes⁴; José Guimarães de Carvalho Neto⁵

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA – CAMPUS SOUSA

renally.cristine@outlook.com¹; rayane.esterfane@outlook.com²; luziadasilva79@gmail.com³;

joyce-rayane2@hotmail.com⁴; jose.guimaraes@ifpb.edu.br⁵

1. INTRODUÇÃO

O consumo de lenha em países em desenvolvimento pode representar até 95% de sua matriz energética, enquanto que em países desenvolvidos este valor não ultrapassa os 4% (MACHADO, 2010). Segundo o Balanço Energético Nacional (2015), no Brasil entre 2005 e 2014 foram utilizados 230 x 10³ toneladas de lenha apenas no setor residencial. No tocante ao Nordeste brasileiro, o bioma da Caatinga, exclusivo de nosso país sofreu, apenas entre os anos de 2008 e 2009, 1.921 km² de perda em desmatamento, de acordo com os dados do Ministério do Meio Ambiente.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) em todo o mundo 3 bilhões de pessoas utilizam lenha para cozinhar e aquecer ambientes domésticos. O consumo de lenha no âmbito da cocção de alimentos, em ambientes internos, leva a morte de 1,6 milhão de pessoas devido à poluição em ambientes internos (OMS, 2005). É possível apontar o cozimento solar como uma solução acessível, principalmente para as populações de baixa renda e aquelas que habitam locais isolados ou rurais.

O fogão solar é uma tecnologia social que permite ao mesmo tempo a obtenção de bons alimentos e o desenvolvimento sustentável, diminuindo o impacto no meio ambiente (MOURA, 2007), reduzindo, mesmo que parcialmente, o consumo de lenha. Dentro os diversos tipos de fogão solar, há o fogão tipo caixa que possui em sua estrutura uma camada escura, necessariamente uma placa metálica, cuja finalidade é de absorver os raios solares. Esta absorção promove a conversão de energia em calor que, suprimido pelo espelho, gera um efeito estufa. Em suma, é a capacidade térmica resultante da placa metálica é de extrema importância no funcionamento do fogão, interferindo diretamente na sua eficiência.

O objetivo deste estudo é averiguar a diferença térmica obtida pelo uso do fogão solar tipo caixa quando se altera o material metálico da camada escura. Para tanto se fez uso de um fogão com placa de alumínio (Al) e outro de zinco (Zn), de tal modo identificando, a partir de observações, qual se apresenta mais eficiente no aquecimento de água destilada e confrontando com o estudo teórico perante os respectivos valores de calor específico, bem como da capacidade térmica de ambos os materiais.



2. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no município de Sousa/PB, localizada no alto sertão do Estado inserido no bioma da Caatinga (clima semi-árido), distando aproximadamente 430 km da capital João Pessoa. Possui uma área de 738,547 km², uma população de aproximadamente 70mil habitantes abastecida pelo Açude de São Gonçalo. É referência nacional pelo sítio zoológico Vale dos Dinossauros e por sua produção de cocos, além de altos índices de radiação solar.

Para Silva (2016) a radiação solar depende das condições climáticas e atmosféricas e somente parte desta atinge a superfície terrestre – radiação direta – devido reflexão e absorção dos raios pela atmosfera. Apesar disso, a energia que chega a superfície terrestre é 10 mil vezes maior que o consumo energético demandado pela população mundial (DUTRA, 2003). O sertão brasileiro apresenta duas vantagens climáticas que favorecem a utilização desse tipo energia: condições atmosféricas e radiação solar abundante (SILVA, 2016). Sousa conta com uma das maiores incidências de radiação solar do país, deste modo torna-se favorável seu uso e aplicação, bem como a utilização de tecnologias sociais. Nesse sentido, surge o fogão solar como objeto de estudo, que é uma tecnologia social.

O fogão Solar tipo caixa, tecnologia social objeto deste estudo, é confeccionado a partir de materiais simples como papelão, chapa metálica, vidro, cola e material refletor (espelho). A estrutura consiste em duas caixas sobrepostas uma dentro da outra, isoladas entre si e fechada com vidro. A caixa interna conta com uma placa metálica escura no fundo e suas laterais cobertas com algum material reflexivo, há também o uso, opcional, de um refletor externo (MOURA, 2007). A figura 1 representa a estrutura física de um fogão solar tipo caixa qualquer.



Figura 1: Esquema de perfil de um fogão solar tipo caixa. Fonte: Moura, 2007

Os dois fogões confeccionados apresentavam as seguintes medidas: uma caixa maior de 32cm largura, 49cm de comprimento e 24cm de altura, e uma caixa menor com igual altura e inferior em 4 cm nas demais medidas. As caixas de papelão foram sobrepostas e isoladas com suas próprias divisórias. O vidro adquirido foi de 3mm de espessura, de 32cm por 49cm, para cobrir a caixa exterior – a definição da espessura do vidro foi objeto de outro estudo, também aprovado no III CONEDU. Espelhos, que refletirão os raios solares para a camada escura foram colados nas laterais da caixa interior do fogão - potencializando a incidência solar. A figura 2 apresenta o fogão solar objeto deste estudo. Neste ponto, faz-se referência à ausência de materiais como termômetro e pirômetro, que seriam cruciais no momento de prestar exatidão e precisão nos resultados dos testes, pois não podemos obter a temperatura no momento do teste, tampouco o nível de irradiação solar. Com isto, a observação baseou-se na formação de bolhas, uma vez que são indicativas do momento de fervura da água destilada. Isto é considerado pois, segundo Catelli (2014), “o processo de vaporização de um líquido é obtido pela rápida formação e crescimento de bolhas de vapor que se rompem para o exterior na superfície do líquido”.

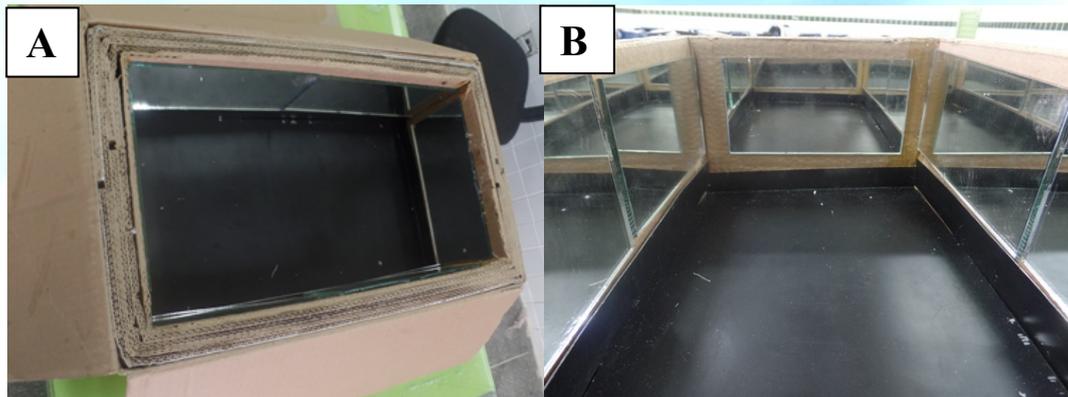


Figura 2: Fogão solar confeccionado: em (A), vista superior e em (B) vista interior.

O presente trabalho tratou de averiguar, de forma comparativa, a eficiência térmica entre os dois fogões solares tipo caixa a partir da diferença única do material da sua placa metálica. Em um primeiro momento, uma placa metálica de zinco (Zn) havia sido obtida sem custo algum (foi encontrada em um entulho de construção civil) e, depois, uma placa de alumínio (Al) foi oferecida, por um valor simbólico. Com ambas as placas metálicas pintadas com spray preto fosco e devidamente ajustadas para se encaixar no fundo dos fogões, procedeu-se com os experimentos de comparação da eficiência térmica. Este experimento parte dos conhecimentos em calorimetria, mais especificamente na investigação do calor específico e capacidade térmica.

O calor específico, constante para cada substância e em cada estado físico, é uma grandeza que determina a variação térmica de uma substância ao receber uma determinada quantidade de calor, em outras palavras, a quantidade de energia necessária para variar em uma unidade de temperatura o material. Encontra-se na tabela 1 os valores de calor específico e de densidade dos materiais em estudo, além de uma relação entre esses parâmetros.

Tabela 1: Calor Específico dos elementos Al e Zn

Elemento	Calor Específico (cal/ g °C)	Densidade (g/cm³)	Relação entre o calor específico (c) de ambos	Relação entre a densidade (D) de ambos
Alumínio (Al)	0,217	2,7	$c_{al} = c_{zn} \cdot 2,308$	$D_{al} = \frac{D_{zn}}{2,644}$
Zinco (Zn)	0,094	7,14		

Relaciona-se com o calor específico a capacidade térmica, dada pela Eq.(1), que determina a susceptibilidade de um corpo em aquecer mais rapidamente que outro e manter a temperatura alcançada. Em outras palavras, um corpo com baixa capacidade térmica, submetido à mesma quantidade de calor que outro de maior capacidade térmica, aquecerá mais rapidamente e, de igual maneira, esfriará mais depressa. Compreende-se que a capacidade térmica de um corpo independe isoladamente de seu calor específico, pois está sujeito também a sua massa, - que pode ser transcrita levando pela multiplicação do volume pela densidade – devido isto, a capacidade térmica é determinada para um corpo, levando em consideração calor específico e massa.

$$C = c \cdot m \quad \text{Eq.(1)}$$

C = capacidade térmica

c = calor específico

m = massa



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

A conjuntura que se formou pelas oportunidades gratuitas de placas de zinco e as disponibilidades comerciais da placa de alumínio culminou na necessidade de elaboração deste experimento: a confecção dois fogões iguais, havendo somente a diferenciação frente ao material da placa metálica postos à prova na ebulição da mesma quantidade de água destilada. O teste prático buscou, em seguida, respaldo no conhecimento teórico da calorimetria – fundado na equação da capacidade térmica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No dia 13/08/2016 numa manhã ensolarada e com poucas nuvens, foi realizado o teste que durou 1 hora, das 11:00h às 12:00h, com observações realizadas a cada cinco minutos. Cada fogão possuía um recipiente de alumínio contendo 540 ml de água destilada. Na figura 3, A e B, encontram-se os fogões utilizados nos testes, enquanto que na tabela 2 apresentam-se as observações realizadas.

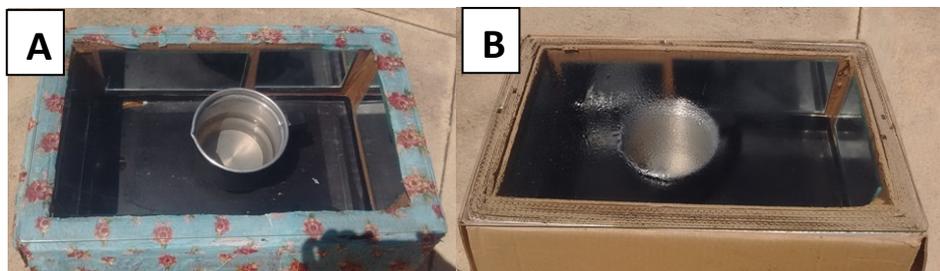


Figura 3: À esquerda (A) fogão com placa de Zinco e à direita (B) fogão com placa de alumínio

Tabela 2: Teste comparativo entre fogão solar com placa de Zinco e fogão solar com placa de alumínio

Hora	Fogão Solar / Zinco	Fogão Solar / Alumínio
11h00min	Início do experimento	
11h25min	Segue sem nenhuma alteração aparente	A janela de vidro começa a embaçar
11h35min	Segue sem nenhuma alteração aparente	Água entra em estado de ebulição
11h40min	A janela de vidro começa a embaçar	A água encontra-se em estado de ebulição
11h50min	A janela de vidro está totalmente embaçada e com gotículas de água condensada	A água encontra-se em estado de ebulição
11h55min	Água entra em estado de ebulição	A água encontra-se em estado de ebulição
12h00min	A água encontra-se em estado de ebulição	A água encontra-se em estado de ebulição

Após o início do teste, a água destilada contida no fogão com placa de alumínio apresentou alterações em seu estado físico com 25 minutos e entrou no estado de ebulição com 35min, enquanto que aquela contida no fogão com placa de Zinco apresentou alterações com 40 minutos e começou a entrar no estado de ebulição somente com 55 minutos corridos. Essa diferença de 20 minutos na passagem de estado físico, ebulição, é representativa em 33,3% do tempo transcorrido, indicando uma maior eficiência no aquecimento da água por parte do fogão que possuía a placa de alumínio. Isto posto, é possível adentrar a discussão da relação entre as capacidades térmica entre as placas, de mesmo volume, de zinco e alumínio. Para tanto, a dedução desta relação está na tabela 3.



Tabela 3: Dedução da relação entre capacidades térmicas de corpos de zinco e alumínio com mesmo volume

Equação (1) reescrita para $m=(D*Vol)$	Isolando “Vol”	Igualando	Substituindo relações da tabela 1	Por fim
$C = D * Vol * c$	$Vol = \frac{C}{D * c}$	$\frac{C_{Zn}}{D_{Zn}c_{zn}} = \frac{C_{Al}}{D_{Al}c_{Al}}$	$\frac{C_{Zn}}{D_{Zn}c_{zn}} = \frac{2,644C_{Al}}{2,308D_{Zn}c_{Zn}}$	$C_{Zn} = 1,146C_{Al}$

Pela dedução definida na tabela 3, verifica-se que a capacidade térmica do zinco é, aproximadamente, 1,15 vezes superior àquela do alumínio, justificando o mais rápido aquecimento por parte do fogão contendo a placa deste último. A despeito de serem valores tão próximos, foi suficiente para que se presenciasse um retardo por parte do fogão que possuía a placa de zinco em favorecer a ebulição da água. Neste sentido, seguindo a premissa conceitual da capacidade térmica, é possível inferir que, da mesma maneira, o fogão com a placa de alumínio mais rapidamente iria resfriar-se. Ora, esta percepção teórica levanta a execução de nova prática experimental de modo a, mais uma vez, conciliar estas duas vertentes da ciência. Deve-se salientar que este estudo não buscou indicar termos qualitativos entre as placas, até porque, as características térmicas das placas podem favorecer a diferentes situações quando do preparo do alimento: se há pressa, utilizar-se-ia o fogão com placa de alumínio; no cenário em que se deseja manter a temperatura do alimento conservada por mais tempo, o fogão com placa de zinco seria o indicado.

4. CONCLUSÕES

A execução deste trabalho perpassou algumas conclusões, a citar:

- A confecção do fogão solar tipo caixa, enquanto tecnologia social, não demanda materiais de difícil acesso ou um trabalho complexo que não permita a reprodutibilidade;
- A despeito da carência de instrumentos de medição das variáveis físicas, a percepção do fenômeno físico de mudança do estado da água fez-se suficiente para vislumbrar as observações necessárias deste experimento;
- O fogão de alumínio favoreceu a um mais rápido aquecimento da água, alcançando o ponto de ebulição 20 minutos antes, ou seja, 33,3% do tempo transcorrido do experimento;
- A dedução da relação da capacidade térmica entre corpos de alumínio e zinco de mesmo volume corroboraram com os resultados obtidos de forma prática, mesmo que tenha sido conferida uma baixa diferença relativa;
- O resultado obtido demanda a execução de novo experimento, em que desta vez será avaliado o resfriamento da massa de água quando é cessada a incidência solar e, por fim,
- Não é possível atribuir que uma placa seja melhor que a outra, haja vista que diante das possibilidades de aplicação desta tecnologia, é possível vislumbrar situações em que se almeje a contenção do calor por mais tempo ou que se busque um mais rápido aquecimento do alimento a ser preparado.

5. AGRADECIMENTOS

Ao supermercado sousense “Super Félix” e a “Vidraçaria União” por ter cedido material necessário para a confecção dos fogões solares e, ao professor de física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa, Ivaldy José Nóbrega Barreto por suas



III CONEDU

CONGRESSO NACIONAL DE
E D U C A Ç Ã O

contundentes contribuições. Agradecemos ainda ao CNPq pela concessão de bolsas de pesquisa pelo projeto PIBIC-EM.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANEEL (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA). Atlas solarimétrico de energia: ano-base 2005
2. BEN (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL – 2015)
3. DIENSTMANN, G. **Energia solar: uma comparação de tecnologias**. UFRS, 2009.
4. GOLDEMBERG, J. **Biomassa e energia**. Química nova, vol 32, no 3, 582-587,2009.
5. HAUFF, S. N. **Representatividade do sistema nacional de unidades de conservação na caatinga**, 2010.
6. MACHADO, M. F. et AL. **Caracterização do consumo de lenha pela atividade de cerâmica no estado de Sergipe**. Revista FLORESTA, 2010.
7. MENDES, T. M. T. et AL. **Fazendas solares: uma alternativa energética sustentável nos vales do jequitinhonha e mucuri**. XII congresso nacional de meio ambiente de poços de caldas, 2015.
8. MOGAWER, T. SOUZA, T. M. **Sistema solar de aquecimento de água para residências populares**. Centro de energias renováveis, UNESP – Guaratinguetá.
9. MOURA, J. P. **Construção e avaliação térmica de um fogão solar tipo caixa**, Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 2007.
10. MOURA, J P. Cozinhar com energia solar está perto de virar realidade.
11. REIS, M C. **Otimização de aquecedores solares utilizando materiais alternativos para aplicações em sistemas produtivos rurais**. XI congresso nacional de meio ambiente de poços de caldas, 2014.
12. VARELA, P H DE ALMEIDA. **Viabilidade térmica de um forno solar fabricado com sucatas de pneus**. Dissertação de mestrado para a universidade federal do rio grande do norte, 2013.
13. ZANELLA, M. E. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino**, Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 126-142, 2014.
14. SILVA, G. L. et AL. **Análise de viabilidade econômica entre o uso de energia em grid e a solar no sertão paraibano**, Revista Energia na Agricultura, Botucatu, vol. 31, n.1, p.89-96, janeiro-março, 2016.
15. DUTRA, R. M.; TOLMASQUIM, M. T. **Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico**. In: COLETÂNEA de artigos: energias solar e eólica. Rio de Janeiro: CRESESB, 2003.
16. CATELLI, F., BARBIERI, R., SCHNEIDER, V. **Fervendo água á temperatura ambiente?** 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/downloadSuppFile/2175.../4262> Acessado em: 30 agosto de 2016.